

Presentase *Waste Material* Besi Tulangan pada Proyek X dengan Metode *Bar Bending Schedule (BBS)*

Muhammad Fa'is Hidayatulloh¹, Michella Beatrix²

^{1,2}Progam Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru No. 45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

¹E-mail: 1432200058@surl.untag-sby.ac.id

Abstract — The success of construction projects is influenced by the effectiveness of material management, as materials account for a major portion of project costs. Poor material management can lead to material waste, resulting in increased costs and reduced efficiency. One material with high waste potential is reinforcing steel in reinforced concrete structures, commonly caused by fabrication off-cuts and conventional estimation methods. This study aims to analyze the control of reinforcing steel waste through the preparation of Bar Bending Schedule (BBS) based on Building Information Modeling (BIM) using Autodesk Revit. The method involves three-dimensional (3D) modeling of structural elements, including columns, beams, slabs, and pile caps, based on shop drawing data. The modeling results are used to generate BBS documents through the Schedule/Quantities feature, which include the quantity, diameter, length, total length, and weight of reinforcement as the basis for material requirement analysis. The results show differences in reinforcing steel quantities between the conventional method (MC 0) and the BIM-based BBS method, with the highest waste material value of 79.36% in column K-3 and the lowest value of -21.70% in beam B-6K. Positive values indicate that the conventional method produces higher quantities than BIM, while negative values indicate the opposite, reflecting the potential for overestimation and underestimation. The BIM-based BBS method provides more detailed calculations in accordance with SNI 2847:2019, thereby improving planning accuracy and enhancing material control efficiency in construction projects.

Keywords: bar bending schedule; building information modeling; Autodesk Revit; reinforcement steel, waste material.

Abstrak — Keberhasilan proyek konstruksi dipengaruhi oleh efektivitas pengelolaan material, karena material menyumbang sebagian besar biaya proyek. Pengelolaan yang kurang optimal dapat menimbulkan waste material yang berdampak pada peningkatan biaya dan penurunan efisiensi. Salah satu material dengan potensi waste tinggi adalah besi tulangan pada struktur beton bertulang, yang umumnya disebabkan oleh sisa potongan fabrikasi dan perhitungan kebutuhan yang masih konvensional. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengendalian waste material besi tulangan melalui penyusunan Bar Bending Schedule (BBS) berbasis Building Information Modeling (BIM) menggunakan Autodesk Revit. Metode penelitian dilakukan dengan memodelkan elemen struktur kolom, balok, pelat lantai, dan pile cap secara tiga dimensi (3D) berdasarkan data shop drawing. Hasil pemodelan digunakan untuk menyusun dokumen BBS melalui fitur Schedule/Quantities yang memuat jumlah, diameter, panjang, total panjang, dan berat tulangan sebagai dasar analisis kebutuhan material. Hasil menunjukkan adanya perbedaan kuantitas besi tulangan antara metode konvensional (MC 0) dan BBS berbasis BIM, dengan nilai waste material tertinggi sebesar 79,36% pada kolom K-3 dan terendah sebesar -21,70% pada balok B-6K. Nilai positif menunjukkan metode konvensional lebih besar dari BIM, sedangkan nilai negatif menunjukkan sebaliknya, yang mengindikasikan potensi overestimate dan underestimate. Metode BBS berbasis BIM menghasilkan perhitungan yang lebih rinci sesuai SNI 2847:2019, sehingga mampu meningkatkan akurasi perencanaan dan efektivitas pengendalian material.

Keywords: bar bending schedule; building information modeling; Autodesk Revit; besi tulangan, waste material.

I. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan pembangunan infrastruktur yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi serta berlangsung dalam jangka waktu tertentu Winoto et al. (2023). Keberhasilan pelaksanaan proyek sangat dipengaruhi oleh efektivitas manajemen material, mengingat material

konstruksi menyumbang sekitar 40–60% dari total biaya proyek Wayan. (2020). Dalam proyek konstruksi dengan pekerjaan struktur beton bertulang, besi tulangan merupakan salah satu material utama yang berfungsi meningkatkan kekuatan beton dalam menahan beban tarik serta mendukung kinerja elemen struktur secara keseluruhan Nasutama et al. (2022).

Meskipun memiliki peran yang krusial, pengelolaan besi tulangan di lapangan belum sepenuhnya berjalan optimal. Pada praktiknya masih sering terjadi ketidakefisienan dalam pengelolaan material, baik pada tahap pengadaan maupun fabrikasi, yang menyebabkan timbulnya *waste* material berupa sisa potongan akibat kesalahan pemotongan, pembengkokan, maupun pemesanan material yang berlebih Daffa et al. (2023).

Permasalahan tersebut semakin diperparah oleh rendahnya praktik pencatatan limbah di lapangan, di mana hanya 57,14% perusahaan yang melakukan pengukuran limbah dan sekitar 75% limbah tidak melalui proses pengelolaan Beatrix et al. (2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian *waste* material, khususnya besi tulangan, masih menjadi tantangan yang signifikan dalam industri konstruksi. Untuk meminimalkan *waste* material, perencanaan tulangan perlu mengacu pada gambar kerja serta *Bar Bending Schedule* (BBS) yang akurat. Namun, metode konvensional dalam penyusunan BBS menggunakan perangkat lunak seperti *Microsoft Excel* atau *AutoCAD* masih memiliki keterbatasan, terutama dari segi efisiensi waktu dan tingkat akurasi pada proyek berskala besar Alimin et al. (2023).

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perhitungan kebutuhan besi tulangan antara metode konvensional dan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM), serta menganalisis selisih kuantitas (kg) dan persentase *waste material* yang dihasilkan dari kedua metode tersebut sebagai indikator perbedaan efisiensi penggunaan material pada proyek konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Manajemen Material

Manajemen material, Azzahra et al. (2024), merupakan suatu sistem pada pelaksanaan proyek konstruksi yang bertujuan memastikan ketersediaan material yang tepat waktu dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Sistem ini menjadi aspek yang vital dalam keberhasilan proyek mengingat peran material juga merupakan suatu komponen utama yang mempengaruhi waktu, biaya, serta kualitas pekerjaan konstruksi.

1.2 Metode *Bar Bending Schedule*

Bar Bending Schedule (BBS), Qatrannada et al. (2022), merupakan suatu perencanaan teknis pada pelaksanaan pekerjaan pembesian yang berfungsi sebagai acuan dalam perhitungan dan pengendalian kebutuhan besi tulangan. Penyusunan dokumen ini mencakup berbagai komponen penting di antaranya nomor urut tulangan, sketsa bentuk beserta kode, diameter dan panjang potongan, spasi penulangan, jumlah unit, serta berat total dan keterangan khusus. Informasi tersebut menjadi aspek penting dalam pelaksanaan pekerjaan pembesian mengingat perannya dalam meningkatkan efisiensi, ketepatan, serta kesesuaian terhadap spesifikasi teknis proyek.

1.3 *Building Information Modeling* (BIM) dan Autodesk Revit

Building Information Modeling merupakan suatu pendekatan dalam era konstruksi berbasis digital untuk perencanaan, konstruksi, dan manajemen proyek konstruksi Yuliana et al. (2024). Penerapan BIM dibagi ke dalam beberapa tingkat level. Level 0 masih menggunakan gambar dua dimensi (2D) dengan pertukaran informasi yang terbatas. Level 1 mulai memanfaatkan model tiga dimensi (3D) untuk visualisasi, namun belum terintegrasi antar disiplin. Pada Level 2, model 3D telah menjadi sumber utama informasi dengan dukungan format terbuka seperti *Industry Foundation Classes*, sehingga koordinasi antar bidang menjadi lebih terstruktur. Sementara itu, Level 3 menunjukkan kolaborasi penuh melalui sistem berbasis *cloud* dengan pembaruan data secara *real-time*. Salah satu perangkat lunak yang mendukung penerapan BIM adalah *Autodesk Revit*, yang dikembangkan oleh *Revit Technology Corporation* pada tahun 1997 dan diakuisisi oleh Autodesk Inc. pada tahun 2000 Hendra et al. (2024).

1.4 Perhitungan *Waste Material*

Menurut Dani et al. (2023), pemborosan baja tulangan dihitung dari selisih antara jumlah material yang dibeli dan kebutuhan berdasarkan estimasi *Bar Bending Schedule* (BBS).

1. Perhitungan jumlah pemborosan material dapat dinyatakan sebagai:

$$W = \sum B - \sum E \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$\sum B$ = Total material baja tulangan yang dibeli

$\sum E$ = Total kebutuhan material berdasarkan estimasi BBS

2. Adapun persentase pemborosan material dapat dihitung dengan rumus:

$$\%W = \left(\frac{W}{\sum B} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

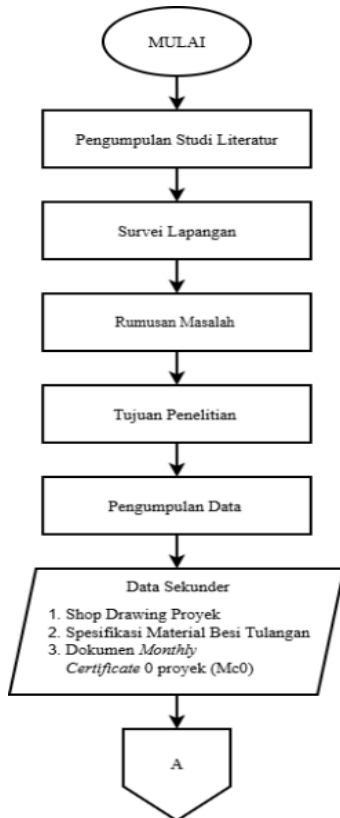
Dimana :

W =Jumlah pesentase pemborosan material

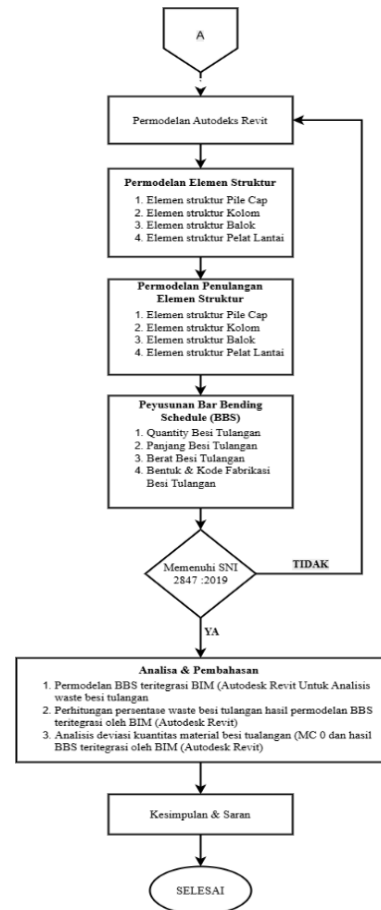
$\sum B$ = Jumlah material besi tulangan yang terbeli

III. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis selisih kuantitas besi tulangan antara data baseline proyek (MC 0) dan hasil *Bar Bending Schedule* (BBS) dari pemodelan *Building Information Modeling* (BIM). Tahapan penelitian disusun secara sistematis dan disajikan dalam diagram alir pada gambar berikut.



Gambar 1 Diagram alir penelitian



Gambar 2 Diagram alir penelitian lanjutan

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung pendidikan di Kota Surabaya. Bangunan memiliki luas ±723 m², terdiri atas 4 lantai dan 1 atap, dengan tinggi total 14,45 m, serta menggunakan sistem struktur beton bertulang. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada elemen struktur lantai 1 dan 2, yang meliputi pile cap, kolom, balok, serta pelat lantai.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang meliputi:

1. shop drawing

Data *shop drawing* digunakan sebagai acuan utama dalam permodelan elemen struktur serta peyusunan *Bar Bending Schedule*.

2. Spesifikasi teknis baja tulangan

Spesifikasi teknis baja tulangan digunakan sebagai acuan dalam penentuan jenis dan

diameter tulangan pada setiap pemodelan pembesian elemen struktur yang digunakan dalam penyusunan *Bar Bending Schedule*. Rincian spesifikasi tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi besi tulangan struktur pile cap

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
PC-1	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø13
PC-2	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
PC-2A	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
PC-2A	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
PC-2A	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
PC-3	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
PC-3A	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
PC-3A	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
PC-4	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
PC-4A	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
PC-4A	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø22
PC-5	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
PC-8	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
PC-8	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13
	Tulangan atas (X) dan (Y)	D Ø16
PC-PIT	Tulangan bawah (X) dan (Y)	D Ø22
	Tulangan pengikat (<i>belt</i>)	D Ø13

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 2. Spesifikasi besi tulangan struktur kolom

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
K-1	Tulangan longitudinal	D Ø22
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
K-2	Tulangan longitudinal	D Ø22
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
K-3	Tulangan longitudinal	D Ø19
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
K-4	Tulangan longitudinal	D Ø19
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
K-4A	Tulangan longitudinal	D Ø19
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 3. Spesifikasi besi tulangan struktur tie beam

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
TB-1	Tulangan utama atas	D Ø19
	Tulangan utama bawah	D Ø19
	Tulangantengah	D Ø13
	Tulangan sekang	D Ø10

TB-2	Tulangan utama atas	D Ø16
	Tulangan utama bawah	D Ø16
	Tulangan tengah	D Ø10
TB-3	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
TB-3	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø13
TB-4	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 4. Spesifikasi besi tulangan struktur balok

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
B1	Tulangan utama atas	D Ø22
	Tulangan utama bawah	D Ø22
	Tulangan tengah	D Ø16
	Tulangan sekang	D Ø10
B-1A	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø22
	Tulangan utama bawah	D Ø22
	Tulangan tengah	D Ø19
B-1A	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø22
	Tulangan utama bawah	D Ø22
B-1B	Tulangan tengah	D Ø16
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø22
B2	Tulangan utama bawah	D Ø22
	Tulangan tengah	D Ø16
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
B-2A	Tulangan utama atas	D Ø19
	Tulangan utama bawah	D Ø19
	Tulangan tengah	D Ø16
	Tulangan sekang	D Ø10
B-2A	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø19
	Tulangan utama bawah	D Ø19
	Tulangan tengah	D Ø16
B3	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø19
	Tulangan utama bawah	D Ø19
B-3A	Tulangan tengah	D Ø16
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø16
B4	Tulangan utama bawah	D Ø16
	Tulangan tengah	D Ø13
	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
B-4A	Tulangan utama atas	D Ø16
	Tulangan utama bawah	D Ø16
	Tulangan tengah	D Ø13
	Tulangan sekang	D Ø10
B-4A	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø16
	Tulangan utama bawah	D Ø16
	Tulangan tengah	D Ø13
B-4B	Tulangan sekang	D Ø10
	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø16
	Tulangan utama bawah	D Ø16
B5	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 4. Spesifikasi besi tulangan struktur balok (lanjutan)

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
B6	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10
B-6K	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10
B7	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10
FB	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan tengah	D Ø10
	Tulangan sekang	D Ø10
BB	Tulangan utama atas	D Ø16
	Tulangan utama bawah	D Ø16
	Tulangan tengah	D Ø13
	Tulangan sekang	D Ø10
BS	Tulangan kait	D Ø10
	Tulangan utama atas	D Ø13
	Tulangan utama bawah	D Ø13
	Tulangan sekang	D Ø10

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 5. Spesifikasi besi tulangan struktur pelat lantai

Kode	Konfigurasi tulangan	Diameter (mm)
S1	Tulangan wiremesh	M Ø8
S2	Tulangan atas (x) dan (y)	D Ø8
	Tulangan bawah (x) dan (y)	D Ø8
S2	Tulangan atas (x) dan (y)	D Ø8
	Tulangan bawah (x) dan (y)	D Ø8

Sumber: Data Perusahaan (2026)

3. Data Mutual Check 0% Proyek (Mc0)

Dokumen MC 0 digunakan sebagai baseline volume awal rencana proyek. Selanjutnya, hasil perhitungan tulangan berbasis model digital dari *shop drawing* digunakan untuk menganalisis deviasi kuantitas dan potensi *waste* material. Rincian kuantitas baja tulangan berdasarkan MC 0 disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Volume besi tulangan pekerjaan struktur pile cap mutual check 0% proyek

A. Kuantitas material besi tulangan struktur pile cap		
Kode	Volume (Kg)	
PC-1	435.58	
PC-2	5641.59	
PC-2A	1418.60	
PC-3	3652.65	
PC-3A	8863.98	
PC-4	2237.31	
PC-4A	1762.27	
PC-5	4699.37	
PC-8	10751.80	
PC-PIT	3433.84	

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 7. Volume besi tulangan pekerjaan struktur kolom mutual check 0% proyek

A. Kuantitas material besi tulangan pekerjaan struktur kolom lantai 1		
Kode	Volume (Kg)	
K-1	10,212.90	
K-2	2,356.45	
K-3	3,713.12	
K-4A	904.45	
K-4	1,976.34	
B. Kuantitas material besi tulangan pekerjaan struktur kolom lantai 2		
Kode	Volume (Kg)	
K-1	9,347.40	
K-2	1,743.97	
K-3	2,792.70	
K-4	2,221.03	

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 8. Volume besi tulangan pekerjaan struktur tie beam mutual check 0% proyek

A. Kuantitas material besi tulangan pekerjaan struktur tie beam lantai 1		
Kode	Volume (Kg)	
TB-1	3,577.92	
TB-2	4,746.50	
TB-3	1,302.16	
TB-4	246.60	

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 9. Volume besi tulangan pekerjaan struktur tie beam mutual check 0% proyek

A. Kuantitas material besi tulangan pekerjaan struktur balok lantai 2		
Kode	Volume (Kg)	
B1	510.64	
B-1a	1221.07	
B-1b	3664.37	
B2	820.67	
B-2a	138.56	
B3	3522.01	
B-3a	3552.49	
B4	1757.85	
B-4a	106.97	
B-4b	207.43	
B5	1623.64	
B6	748.00	
B-6k	27.11	
B7	221.39	
Fb	339.98	
Bb	55.31	
Bs	116.94	
B1	510.64	
B-1a	1221.07	
B-1b	3664.37	
B2	820.67	
B-2a	138.56	

Sumber: Data Perusahaan (2026)

Tabel 11. Volume besi tulangan pekerjaan struktur pelat lantai mutual check 0% proyek

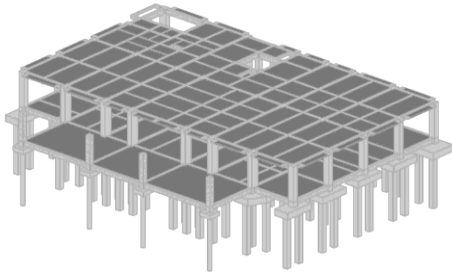
A. Kuantitas material besi tulangan struktur pelat lantai 1 dan lantai 2		
Kode	Volume (Kg)	
S1	6,015.83	
S2	6,015.83	
S3	1,119.47	

Sumber: Data Perusahaan (2026)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemodelan Struktur Berbasis BIM

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan data *shop drawing* proyek sebagai acuan dalam merepresentasikan kondisi desain struktur secara digital hasil pemodelan ini mencakup elemen struktur pada lantai 1 dan 2, yang terdiri dari pile cap, kolom, balok, serta pelat lantai. Visualisasi hasil pemodelan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Model Struktur 3D Berbasis BIM

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa elemen struktur lantai 1 dan 2 dapat direpresentasikan secara digital sesuai dengan data *shop drawing* proyek, sehingga model yang dihasilkan mampu merepresentasikan kondisi perencanaan secara akurat dan dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kuantitas material serta penyusunan *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM).

4.2. Hasil *Bar Bending Schedule* Berbasis BIM

Penyusunan *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dilakukan melalui pemodelan struktur yang mengacu pada data *shop drawing* menggunakan fitur structural rebar pada *Autodesk Revit*. Kuantitas material besi tulangan diperoleh dari *rebar schedule* untuk setiap elemen struktur dan disajikan secara sistematis. Material yang digunakan mengacu pada spesifikasi lapangan sesuai standar perencanaan, dengan variasi diameter tulangan yang disesuaikan terhadap kebutuhan dan fungsi masing-masing elemen struktur. Rincian hasil penyusunan disajikan pada tabel berikut

Tabel 12. *Bar bending schedule elemen struktur pile cap*
Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-1

Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	40	77.24	80.475
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	40	76.72	79.933

Tulangan bawah (X)	D Ø13-100	40	80.80	127.52
Tulangan bawah (Y)	D Ø13-100	40	79.52	125.50
Tulangan pengikat (<i>Belt</i>)	1D Ø13	4	17.18	17.900
Rekapitulasi total		164	331.46	431.332

Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-2

Jenis tulangan	Diameter (mm)	QTY	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	196	505.68	798.08
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	91	369.82	583.66
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	196	538.41	1606.54
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	91	384.48	1147.23
Tulangan pengikat (<i>Belt</i>)	2D Ø13	14	117.92	17.900
Rekapitulasi total		558	331,46	4258.38

Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-2A

Jenis tulangan	Diameter (mm)	QTY	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø22-150	15	143.83	429,17
Tulangan atas (Y)	D Ø22-150	15	64.52	192,52
Tulangan bawah (X)	D Ø22-75	38	145.5	434.15
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-75	38	63.86	190.55
Tulangan pengikat (<i>Belt</i>)	2D Ø13	2	20.75	21.619
Rekapitulasi total		108	438,46	1268.01

Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-3

Jenis tulangan	Diameter (mm)	QTY	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	84	311.92	492.28
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	84	298.56	471.28
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	84	326.06	972.92
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	84	978.26	978.26
Tulangan pengikat (<i>Belt</i>)	2D Ø13	6	32.16	33.51
Tulangan pengikat (<i>Belt</i>)	2D Ø13	6	33.67	35.08
Rekapitulasi total		348	1330.22	2983.25

Tabel 12. Bar bending schedule elemen struktur pile cap (lanjutan)

<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-3A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	QTY	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø22-100	168	672.17	2005.66
Tulangan atas (Y)	D Ø22-100	92	537.00	1602.33
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	168	664.78	1983.61
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	92	537.00	1602.33
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	8	105.40	109.81
Rekapitulasi total		528	2516.35	7303.75
<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-4</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	56	233.86	363.09
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	56	232.96	367.67
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	56	237.83	709.65
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	56	236.60	705.98
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	4	45.96	47.604
Rekapitulasi total		228	986.94	2199.99
<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-4A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø22-100	27	138.36	412.85
Tulangan atas (Y)	D Ø22-100	42	156.41	466.71
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	27	137.82	411.24
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	42	159.34	475.45
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	2	13.15	13.70
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	2	13.33	13.89
Rekapitulasi total		142	618.41	1793.83
<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-5</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø22-100	72	288.79	861.71
Tulangan atas (Y)	D Ø22-100	23	204.26	609.48
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	72	285.62	852.25
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	23	203.25	606.47
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	4	38.70	40.32
Rekapitulasi total		194	1020.62	2970.23

<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-8</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	232	974.17	1537.47
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	112	801.92	1265.62
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	232	985.30	2940.00
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	112	809.20	2414.54
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	16	154.420	160.89
Rekapitulasi total		704	3725.010	8318.52
<i>Bar bending schedule elemen struktur pile cap PC-PIT</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø16-100	62	327.36	516.65
Tulangan atas (Y)	D Ø16-100	40	298.20	470.63
Tulangan bawah (X)	D Ø22-100	62	339.28	1012.36
Tulangan bawah (Y)	D Ø22-100	40	305.50	910.08
Tulangan pengikat (Belt)	2D Ø13	4	41.540	43.28
Rekapitulasi total		208	1311.380	2953.01

Tabel 13. Bar bending schedule elemen struktur kolom Bar bending schedule elemen struktur kolom K-1 lantai 1 dan lantai 2

Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan utama	26D Ø22	416	1474.31	4399.13
Tulangan utama (ls)	26D Ø22	416	2026.14	6045.72
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	240	565.44	348.59
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	384	904.70	557.75
Tulangan kait (X.T)	D Ø10-100	240	483.84	298.29
Tulangan kait (X.L)	D Ø10-150	384	774.14	477.26
Tulangan kait (Y.T)	D Ø10-100	240	493.44	304.21
Tulangan kait (Y.L)	D Ø10-150	384	789.50	486.73
Rekapitulasi total		2704	7511.51	12917.68

Tabel 13. Bar bending schedule elemen struktur kolom (lanjutan)

<i>Bar bending schedule elemen struktur kolom K-2 lantai 1 dan lantai 2</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan utama	24D Ø22	96	342.62	1022.33
Tulangan utama	24D Ø22	96	467.42	1394.72
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	60	129.36	79.75
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	96	206.98	127.60
Tulangan kait (X.T)	D Ø10-100	60	175.10	67.47
Tulangan kait (X.L)	D Ø10-150	96	109.44	107.95
Tulangan kait (Y.T)	D Ø10-100	60	177.79	109.61
Tulangan kait (Y.L)	D Ø10-150	96	111.12	68.51
Rekapitulasi total		660	1719.83	2977.94
<i>Bar bending schedule elemen struktur kolom K-3 lantai 1 dan lantai 2</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan utama	22D Ø19	176	1318.81	2935.10
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	120	235.08	144.93
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	192	376.13	231.88
Tulangan kait (X.L)	D Ø10-100	120	196.68	121.25
Tulangan kait (X.T)	D Ø10-150	192	314.69	194.01
Tulangan kait (Y.T)	D Ø10-100	120	198.24	122.21
Tulangan kait (Y.L)	D Ø10-150	192	317.18	195.54
Rekapitulasi total		800	2441.39	3627.17
<i>Bar bending schedule elemen struktur kolom K-4A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan utama	16D Ø19	68	306.61	682.38
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	52	81.07	49.98
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	50	124.72	76.89
Tulangan kait (X.T)	D Ø10-100	52	63.80	39.33
Tulangan kait (X.L)	D Ø10-150	50	98.16	60.52
Tulangan kait (Y.T)	D Ø10-100	52	63.80	39.33
Tulangan kait (Y.L)	D Ø10-150	50	98.16	60.52
Rekapitulasi total		396	836.32	1008.95
<i>Bar bending schedule elemen struktur kolom K-4 lantai 1 dan lantai 2</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan utama	16D Ø19	96	528.86	1177.02

Tulangan utama (ls)	16D Ø19	96	456.38	1015.71
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	336	579.94	357.54
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	198	308.68	190.31
Tulangan kait (X.T)	D Ø10-100	336	412.27	254.16
Tulangan kait (X.L)	D Ø10-150	198	242.95	149.77
Tulangan kait (Y.T)	D Ø10-100	336	2266.27	281.39
Tulangan kait (Y.L)	D Ø10-150	198	242.95	149.77
Rekapitulasi total		1794	5038.3	3575.67

Tabel 14. Bar bending schedule elemen struktur tie beam

<i>Bar bending schedule elemen struktur tie beam TB-1</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	5D Ø19	50	468.10	1041.79
Tulangan tengah	4D Ø13	40	356.88	18.39
Tulangan bawah	5D Ø19	50	468.10	1041.79
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	164	156.29	61.67
Tulangan sekang (T)	D Ø10-200	95	90.54	35.72
Rekapitulasi total		399	1539.91	2199.56
<i>Bar bending schedule elemen struktur tie beam TB-2</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø16	76	588.09	928.16
Tulangan atas (ls)	4D Ø16	24	199.24	314.41
Tulangan tengah	4D Ø16	80	607.87	374.75
Tulangan tengah (ls)	4D Ø16	24	135.25	83.38
Tulangan bawah	4D Ø16	76	549.66	867.51
Tulangan bawah (ls)	4D Ø16	24	199.24	314.41
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	423	513.10	316.33
Tulangan sekang (T)	D Ø10-200	626	759.34	468.13
Rekapitulasi total		1353	3551.79	3667.08
<i>Bar bending schedule elemen struktur tie beam TB-3</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø13	54	398.12	398.12
Tulangan tengah	2D Ø10	34	241.91	149.09
Tulangan bawah	3D Ø13	54	398.12	398.12
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	277	272.85	167.60
Tulangan sekang (T)	D Ø10-200	427	420.60	259.9
Rekapitulasi total		846	1699.60	1372.83

Tabel 14. *Bar bending schedule elemen struktur tie beam (lanjutan)*

<i>Bar bending schedule elemen struktur tie beam TB-4</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total Panjang	Berat (Kg)
Tulangan utama	2D Ø13	26	97.34	101.42
Tulangan bawah	2D Ø13	26	97.34	101.42
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	170	162.01	63.92
Tulangan sekang (L)	D Ø10-200	97	92.44	36.47
Rekapitulasi total		319	449.13	303.23

Tabel 15. *Bar bending schedule elemen struktur balok*

<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B1</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø22	4	38.02	113.45
Tulangan extra atas	2D Ø22	4	12.13	35.19
Tulangan tengah	2D Ø16	2	17.99	28.40
Tulangan bawah	4D Ø22	4	38.02	113.45
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	42	78.92	48.65
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	27	50.73	31.28
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	42	31.33	19.32
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	27	20.14	12.42
Rekapitulasi total		152	287.28	402.16
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B-1A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø22	8	76.04	226.89
Tulangan extra atas	4D Ø22	16	48.53	144.80
Tulangan tengah	2D Ø19	4	35.98	80.08
Tulangan bawah	4D Ø22	8	76.04	226.89
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	88	165.35	101.94
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	80	150.32	92.67
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	176	131.30	80.94
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	80	59.68	36.79
Tulangan kait (HB)	D Ø10-100	88	29.57	18.23
Rekapitulasi total		548	772.81	1009.23
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B-1B</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø22	28	266.14	794.12
Tulangan extra atas	3D Ø22	42	127.39	380.10

Tulangan tengah	2D Ø16	14	125.94	198.77
Tulangan bawah	4D Ø22	28	266.14	794.12
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	308	578.73	356.79
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	189	355.13	218.94
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	616	459.54	283.30
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	189	140.99	86.92
Tulangan kait (HB)	D Ø10-100	308	103.49	63.80
Rekapitulasi total		1722	2423.49	3176.86

Bar bending schedule elemen struktur balok B2

Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø22	9	59.40	177.25
Tulangan extra atas	2D Ø22	12	27.16	81.05
Tulangan extra bawah	2D Ø22	12	27.16	81.05
Tulangan tengah	2D Ø16	6	36.59	57.75
Tulangan bawah	3D Ø22	9	59.40	177.25
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	88	138.95	85.66
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	53	83.69	51.59
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	88	56.85	35.05
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	53	34.24	21.11
Rekapitulasi total		330	5234	767.76

Bar bending schedule elemen struktur balok B2A

Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø19	4	13.16	30.29
Tulangan extra atas	2D Ø19	4	5.42	12.06
Tulangan extra bawah	2D Ø19	4	5.42	12.06
Tulangan tengah	4D Ø16	4	11.85	18.70
Tulangan bawah	4D Ø22	4	13.16	30.29
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	14	26.33	16.23
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	8	15.05	9.28
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	14	10.47	6.46
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	8	15.05	9.28
Rekapitulasi total		64	115.91	144.65

Tabel 15. Bar bending schedule elemen struktur balok (lanjutan)

<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B3</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø19	36	250.14	556.71
Tulangan atas (ls)	4D Ø19	8	53.21	118.42
Tulangan extra atas	2D Ø19	44	112.01	249.29
Tulangan extra bawah	2D Ø19	44	112.01	249.29
Tulangan tengah	2D Ø16	26	171.15	270.12
Tulangan bawah	4D Ø19	36	250.14	556.71
Tulangan bawah (ls)	4D Ø19	8	53.21	118.42
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	479	661.50	407.81
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	216	298.30	183.90
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	479	262.40	161.83
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	216	118.37	72.97
Rekapitulasi total		1592	2342.44	2945.47
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B3A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø19	12	60.80	135.31
Tulangan atas (ls)	4D Ø19	32	215.23	479.01
Tulangan extra atas	2D Ø19	28	80.61	179.40
Tulangan extra bawah	2D Ø19	28	80.61	179.40
Tulangan tengah	2D Ø16	22	130.16	205.42
Tulangan bawah	4D Ø19	12	60.80	135.31
Tulangan bawah (ls)	4D Ø19	32	215.23	479.01
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	422	582.78	359.29
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	116	160.20	98.76
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	884	462.51	285.14
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	166	63.57	39.19
Tulangan kait (HB)	D Ø10-100	319	91.87	56.64
Rekapitulasi total		1754	2112.5	2575.24
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B4</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø16	24	111.61	176.15
Tulangan atas (ls)	3D Ø16	6	67.01	105.76
Tulangan extra atas	2D Ø16	36	73.68	116.28

Tulangan tengah	2D Ø13	20	112.52	117.23
Tulangan bawah	3D Ø16	24	111.61	176.15
Tulangan bawah (ls)	3D Ø16	6	67.01	105.76
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	337	432.37	266.56
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	131	168.07	103.62
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	337	185.01	114.06
Rekapitulasi total		921	1328.89	1281.57
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B4A</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø16	6	13.99	22.08
Tulangan extra atas	2D Ø16	8	8.35	13.18
Tulangan extra bawah	2D Ø16	8	8.35	13.18
Tulangan tengah	2D Ø13	4	13.99	22.08
Tulangan bawah	3D Ø16	6	7.85	8.17
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	20	25.66	15.82
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	8	10.26	6.33
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	20	10.98	6.77
Rekapitulasi total		80	99.43	107.61
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B4B</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	5D Ø16	10	31.38	49.53
Tulangan extra atas	1D Ø16	1	4.89	7.71
Tulangan tengah	2D Ø13	4	11.07	11.54
Tulangan bawah	5D Ø16	10	31.38	49.53
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	28	41.52	25.60
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	14	20.76	12.80
Tulangan kait (T)	D Ø10-100	28	18.17	11.20
Rekapitulasi total		95	159.17	167.91

Tabel 15. *Bar bending schedule* elemen struktur balok (lanjutan)

<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B5</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø16	3	28.01	44.21
Tulangan atas (ls)	3D Ø16	24	220.66	348.25
Tulangan extra atas	2D Ø13	20	87.68	138.38
Tulangan tengah	2D Ø10	18	159.20	98.15
Tulangan bawah	3D Ø16	3	28.01	44.21
Tulangan bawah (ls)	3D Ø16	24	220.66	348.25
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	360	533.88	329.14
Tulangan sekang (L)	D Ø10-200	122	180.93	111.54
Rekapitulasi total		574	1459.03	1462.13
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B6</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø13	3	14.33	14.93
Tulangan atas (ls)	3D Ø13	18	144.67	150.73
Tulangan extra atas	2D Ø13	16	56.22	58.57
Tulangan tengah	2D Ø10	10	100.95	62.24
Tulangan bawah	3D Ø13	3	14.33	14.93
Tulangan bawah (ls)	3D Ø13	18	144.67	150.73
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	250	246.25	151.81
Tulangan sekang (L)	D Ø10-200	59	58.12	35.83
Rekapitulasi total		377	779.54	639.77
<i>Bar bending schedule elemen struktur Tipe Balok B6K</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	5D Ø13	10	13.40	13.96
Tulangan tengah	2D Ø10	4	4.16	2.56
Tulangan bawah	3D Ø13	6	8.04	8.38
Tulangan sekang (T)	D Ø10-100	11	10.84	6.68
Tulangan sekang (L)	D Ø10-100	5	4.93	3.04
Rekapitulasi total		377	779.54	34.62
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok B7</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	2D Ø13	16	50.83	52.96
Tulangan extra atas	2D Ø10	32	37.32	38.89
Tulangan extra tengah	2D Ø13	16	31.19	32.50

Tulangan bawah	2D Ø13	16	50.83	52.96
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	90	76.05	46.88
Tulangan sekang (L)	D Ø10-200	49	41.41	25.53
Rekapitulasi total		219	287.63	249.72
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok Bordes</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø16	3	14.93	23.57
Tulangan extra atas	2D Ø16	4	6.92	10.92
Tulangan extra tengah	2D Ø16	2	6.40	10.10
Tulangan tengah	2D Ø13	2	9.22	9.60
Tulangan bawah	3D Ø16	3	14.93	23.57
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	16	20.53	12.66
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	13	16.68	10.28
Tulangan kait (T)	D Ø10-150	16	8.78	2.42
Tulangan kait (L)	D Ø10-150	13	7.14	4.40
Rekapitulasi total		72	105.53	107.52
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok BS</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total panjang (m)	Berat (Kg)
Tulangan atas	3D Ø13	9	28.61	29.81
Tulangan bawah	3D Ø13	9	28.61	29.81
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	30	23.55	14.52
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	22	17.27	10.65
Rekapitulasi total		70	98.04	84.79
<i>Bar bending schedule elemen struktur balok FB</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total Panjang	Berat (Kg)
Tulangan atas	4D Ø13	172	178.88	186.37
Tulangan bawah	4D Ø13	172	148.78	155.01
Tulangan sekang (T)	D Ø10-150	129	123.71	48.81
Tulangan sekang (L)	D Ø10-150	86	82.47	32.54
Rekapitulasi total		599	533.84	422.73

Tabel 16. *Bar bending schedule elemen struktur pelat lantai*

<i>Bar bending schedule elemen struktur pelat lantai S1</i>				
Jenis tulangan	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Qty	Berat (Kg)
	439	2100	1	5.02
	3700	2400	2	24.19
	11500	9800	5	122.82
Wiremesh M8-150	15000	9800	5	160.20
	3611	2100	1	41.32
	68400	34550	18	715.38
	8100	3200	2	70.62 kg

	54000	23800	12	583.57
	4750	2100	1	54.35
	151200	52350	28	1540.34
Rekapitulasi total	320700	14200	75	3247.17
<i>Bar bending schedule elemen struktur pelat lantai S2</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total Panjang	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø8-150	461	3514.82	1386.81
Tulangan atas (Y)	D Ø8-150	412	2070.43	816.91
Tulangan atas (Y.ls)	D Ø8-150	234	1481.92	584.71
Tulangan bawah (X)	D Ø8-150	433	3373.40	1331.01
Tulangan bawah (Y)	D Ø8-150	412	1990.73	785.46
Tulangan bawah (Y.ls)	D Ø8-150	234	1462.03	576.86
Rekapitulasi total		2186	13893.33	5481.76
<i>Bar bending schedule elemen struktur pelat lantai S3</i>				
Jenis tulangan	Diameter (mm)	Qty	Total Panjang	Berat (Kg)
Tulangan atas (X)	D Ø8-200	311	164.83	65.04
Tulangan atas (Y)	D Ø8-200	88	222.84	87.92
Tulangan bawah (X)	D Ø8-200	311	164.83	65.04
Tulangan bawah (Y)	D Ø8-200	88	222.84	87.92
Rekapitulasi total		789	775.34	305.92

Berdasarkan hasil *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM) pada elemen pile cap, balok, kolom, dan pelat lantai, kebutuhan material besi tulangan menunjukkan variasi antar elemen yang dipengaruhi oleh fungsi dan karakteristik struktur. Variasi tersebut tercermin pada kuantitas, panjang, dan berat tulangan, dimana berat menjadi indikator utama intensitas penggunaan material besi tulangan. Pendekatan *Building Information Modeling* (BIM) dalam penyusunan *Bar Bending Schedule* (BBS) tidak hanya menyajikan kuantitas tulangan secara terstruktur, tetapi juga merepresentasikan kondisi lapangan melalui pembagian tulangan pada daerah tumpuan dan lapangan, khususnya pada sengkang dan kait, serta penerapan sambungan tulangan (*lap splice*) dan tulangan extra tambahan pada elemen struktur balok. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pemodelan mampu menggambarkan kebutuhan material secara menyeluruh dan mendukung perencanaan serta pengendalian material secara lebih akurat.

4.3. Perhitungan Waste Material

Perhitungan *waste material* dilakukan melalui perbandingan kuantitas berat besi tulangan antara data baseline proyek (MC 0) dan hasil *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM). Hasil perhitungan dinyatakan dalam bentuk selisih berat (kg) serta persentase (%), sehingga dapat menggambarkan tingkat perbedaan kuantitas secara kuantitatif. Rincian hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 17. Perbandingan kuantitas besi tulangan dan *waste material* antara data (Mc 0) dan hasil BBS berbasis BIM

<i>Waste material tulangan elemen struktur pile cap</i>				
Kode	Berat MC0 (Kg)	Berat BIM (Kg)	Waste (Kg)	% waste
PC-1	435.58	431.332	4.25	0.99%
PC-2	5641.59	4258.38	1383.21	32.48%
PC-2A	1418.60	1268.01	150.59	11.88%
PC-3	3652.65	2983.25	669.40	22.44%
PC-3A	8863.98	7303.75	1560.23	21.36%
PC-4	2237.31	2199.99	37.32	1.70%
PC-4A	1762.27	1793.83	-31.56	-1.76%
PC-5	4699.37	2970.23	1729.14	58.22%
PC-8	10751.80	8318.52	2433.28	29.25%
PC-PIT	3433.84	2953.01	480.83	16.28%
<i>Waste Material Tulangan Elemen Struktur Kolom</i>				
Kode	Berat MC0 (Kg)	Berat BIM (Kg)	Waste (Kg)	% waste
K-1	19560.31	12917.68	6642.63	51.42%
K-2	4100.42	2977.94	1122.48	37.69%
K-3	6505.82	3627.17	2878.65	79.36%
K-4A	904.45	1008.95	-104.50	-10.36%
K-4	4197.36	3575.67	621.69	17.39%
<i>Waste material tulangan elemen struktur tie beam</i>				
Kode	Berat MC0 (Kg)	Berat BIM (Kg)	Waste (Kg)	% waste
TB-1	3577.92	2199.56	1378.36	62.67%
TB-2	4746.50	3667.08	1079.42	29.44%
TB-3	1302.16	1372.83	-70.67	-5.15%
TB-4	246.60	303.23	-56.63	-18.68%

Tabel 17. Perbandingan kuantitas besi tulangan dan *waste* material antara data (MC 0) dan hasil BBS berbasis BIM (lanjutan)

Waste material tulangan elemen struktur balok				
Kode	Berat MC0 (Kg)	Berat BIM (Kg)	Waste (Kg)	% waste
B1	510.64	402.16	108.48	26.97%
B-1A	1221.07	1009.23	211.84	20.99%
B-1B	3664.37	3176.86	487.51	15.35%
B2	820.67	767.76	52.91	6.89%
B-2A	138.56	144.65	-6.09	-4.21%
B3	3522.01	2945.47	576.54	19.57%
B-3A	3552.49	2575.24	977.25	37.95%
B4	1757.85	1281.57	476.28	37.16%
B-4A	106.97	107.61	-0.64	-0.60%
B-4B	207.43	167.91	39.52	23.54%
B5	1623.64	1462.13	161.51	11.05%
B6	748.00	639.77	108.23	16.92%
B-6K	27.11	34.62	-7.51	-21.70%
B7	221.39	249.72	-28.33	-11.34%
FB	339.98	422.73	-82.75	-19.58%
BB	55.31	107.52	-52.21	-48.56%
BS	116.94	84.79	32.15	37.92%
Waste material tulangan elemen struktur pelat lantai				
Kode	Berat MC0 (Kg)	Berat BIM (Kg)	Waste (Kg)	% waste
S1	6015.83	3247.17	2768.66	85.26%
S2	6015.83	5481.76	534.07	9.74%
S3	1119.47	305.92	813.55	265.94%

Berdasarkan hasil tersebut, terdapat perbedaan kuantitas besi tulangan antara data MC 0 dan hasil BBS berbasis BIM pada setiap elemen struktur yang menunjukkan potensi terjadinya *waste* material akibat perbedaan metode perhitungan. Nilai *waste* tertinggi terdapat pada kolom K-3, sedangkan terendah pada balok B-6K, sebagaimana disajikan pada tabel.

Nilai *waste* positif pada kolom K-3 menunjukkan adanya *overestimate* pada metode konvensional yang diduga disebabkan oleh belum optimalnya perencanaan dan penyusunan tulangan serta belum terakomodasinya detail teknis pembesian secara menyeluruh. Sebaliknya, nilai *waste* negatif pada balok B-6K menunjukkan adanya *underestimate* pada metode konvensional yang berpotensi menyebabkan kekurangan material. Kondisi ini terjadi karena BBS berbasis BIM mempertimbangkan aspek teknis pembesian secara lebih detail, meliputi panjang penyaluran, sambungan tulangan, bentuk pembengkokan, serta kebutuhan tulangan sebangun pada daerah tumpuan dan lapangan sesuai SNI 2847:2019.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan kuantitas material besi tulangan antara metode konvensional (MC 0) dan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang tercermin dari nilai *waste* material dalam satuan kilogram dan persentase. Nilai *waste* material menunjukkan variasi yang cukup signifikan, dengan nilai tertinggi sebesar 79,36% pada kolom K-3 dan nilai terendah sebesar -21,70% pada balok B-6K. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode konvensional cenderung menghasilkan perbedaan estimasi terhadap kebutuhan material besi tulangan, baik berupa kelebihan maupun kekurangan jika dibandingkan dengan hasil perhitungan berbasis BIM. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pendekatan konvensional belum sepenuhnya mampu merepresentasikan kebutuhan material besi tulangan secara konsisten. Di sisi lain, penerapan BBS berbasis BIM memberikan hasil perhitungan yang lebih terstruktur dan detail, sehingga mampu meningkatkan ketelitian dalam perencanaan kebutuhan material besi tulangan. Dengan demikian, penggunaan BIM dalam penyusunan BBS dapat menjadi pendekatan yang lebih efektif dalam mendukung akurasi perhitungan serta pengendalian material pada proyek konstruksi.

REFERENCES

- Alimin, M., Imron, I., & Taulani, M. (2023). Penerapan *building information modelling* (bim) autodesk revit dalam pembuatan *bar bending schedule* (bbs) pondasi pile cap proyek apartemen jkt living star - jakarta timur. *Jurnal riset rumpun ilmu teknik*, 2(2), 21–32. <https://doi.org/10.55606/juritek.v2i2.1599>
- Azzahra, P., & Respati, R. (2024). Analisa pengaruh manajemen material terhadap produktivitas kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat di kota palangka raya: analysis of the effect of material management on work productivity in *multi-storey building construction projects* in Palangka raya city. *Media ilmiah teknik sipil*, 12(2), 159–166.
- Beatrix, M., Sarya, G., & Hartatik, N. (2024). Analysis of the impact of construction and demolition *waste* project in surabaya on socio-economics and the environment. *Gtech: jurnal teknologi terapan*, 8(1), 3643. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i1.3480>
- Bruantama, D. M. (2023). Identifikasi *waste* material dan faktor penyebab timbulnya pada proyek konstruksi *identification of waste material factors in building construction projects*. <https://doi.org/10.25105/jrltb.v1i2.17993>
- Dani, A.B., & Tjendani, H.T. (2023). Analisis *waste* material besi tulangan pekerjaan pondasi menggunakan metode *bar bending schedule* pada proyek perumahan grand salt village sarirogo-sidoarjo.

- Hendra, D., Hassan, S. M., Munandar, A., & Muliana, E. (2024). Program kelas intensif autodesk revit bagi pelajar kota lhokseumawe. *Mejuajua: jurnal pengabdian pada masyarakat*, 4(2), 236-243. <https://doi.org/10.52622/mejuajujabdimas.v4i2.184>
- Muka, I. W. (2020). Analisis perbandingan waste besi tulangan metode konvensional dengan software *cutting optimization pro*.
- Nasautama, S. S., & Sitompul, M. (2022). Analisis kebutuhan tulangan dan tulangan sisa (waste) pada pekerjaan struktur kolom, balok dan pelat lantai pada proyek pembangunan pasar baru kabupaten mandailing natal. *Portal: jurnal teknik sipil*, 14(2), 75-82.
- Qatrannada, A. (2022). Manajemen baja tulangan dengan metode just in time (studi kasus proyek pembangunan gedung x). *Fropil (forum profesional teknik sipil)*, 10(2). <https://doi.org/10.33019/fropil.v10i2.3306>
- Yuliana, C. dkk. (2024). Analisis metode bar bending schedule untuk mengurangi sisa material penulangan untuk konstruksi di lahan basah (vol. 9).
- Winoto, M. C., Guwinarto, K., & Limanto, S. (2023). Faktor penyebab dan dampak keterlambatan pelaksanaan proyek konstruksi menurut kontraktor terhadap indikator performa proyek. *Jurnal dimensi pratama teknik sipil*, 12(1), 56-63.