

Implementasi Building Information Modeling (Bim) Dalam Analisis Waste Material Tulangan Kolom Pada Gedung LVP Production Indonesia

Nanang Aldika Chandra¹⁾

Hasti Riakara Husni²⁾

Bayzoni²⁾

Ashruri²⁾

Abstract

The rapid development of information technology, especially in the construction sector, has become an important issue in supporting the country's infrastructure needs to produce increasingly high-quality, integrated, and efficient infrastructure products. Therefore, the utilization of Building Information Modeling (BIM) technology has become an alternative that allows construction stages to be faster and more efficient, especially in minimizing waste material. This research aims to determine the influence of applying BIM concepts in optimizing waste materials for column reinforcement of type 1, type 2, and type 3. The research begins with data collection, structural 3D modeling, reinforcement modeling, input of reinforcement mark schedules, clash detection, Bar Bending Schedule (BBS) output, cutting lists, and waste material analysis. The research results show that the total weight requirement of type 1 column reinforcement is 28,449 kg, type 2 column is 26,390 kg, and type 3 column is 26,784 kg, while the total waste weight of type 1 column is 1,256.41 kg, type 2 is 872.6 kg, and type 3 is 916.14 kg. The waste level of type 1 column reinforcement is 4.42%, type 2 column is 3.31%, and type 3 column is 3.42%. Thus, it can be concluded that type 2 column reinforcement is more effective and efficient compared to type 1 and 3 column reinforcement.

Key words : Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Waste Material, Bar Bending Schedule (BBS).

Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi informasi khususnya di bidang konstruksi menjadi isu penting dalam menunjang kebutuhan infrastruktur negara untuk menghasilkan produk infrastruktur yang semakin berkualitas, terintegrasi dan efisien. Oleh karena itu, Pemanfaatan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) menjadi alternatif yang memungkinkan tahap-tahap pembangunan lebih cepat dan lebih efisien terutama dalam hal meminimalisir *waste material*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan konsep BIM dalam optimasi *waste material* tulangan kolom tipe 1, tipe 2 dan tipe 3. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data, pemodelan 3D struktural, pemodelan tulangan, *input schedule mark* tulangan, *clash detection*, *output Bar Bending Schedule* (BBS), *cutting list*, dan analisis *waste material*. Hasil penelitian menunjukkan total berat kebutuhan tulangan kolom tipe 1 sebesar 28.449 kg, kolom tipe 2 sebesar 26.390 kg dan kolom tipe 3 sebesar 26.784 kg, sementara untuk berat total *waste* kolom tipe 1 sebesar 1.256,41 kg, tipe 2 sebesar 872,6 kg, dan tipe 3 sebesar 916,14 kg. *Waste level* tulangan kolom tipe 1 sebesar 4,42%, kolom tipe 2 sebesar 3,31%, dan kolom tipe 3 sebesar 3,42%. Jadi dapat disimpulkan bahwa tulangan kolom tipe 2 lebih efektif dan efisien jika dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan 3.

Kata kunci : *Building Information Modeling* (BIM), Autodesk Revit, *Waste Material*, *Bar Bending Schedule* (BBS).

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: nanangaldika190101@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi informasi khususnya di bidang konstruksi menjadi isu penting dalam menunjang kebutuhan infrastruktur negara. Salah satu perkembangan ilmu teknologi dan komunikasi yang mampu mengatasi permasalahan tersebut adalah *Building Information Modeling* (BIM). Pemanfaatan teknologi Building Informasi Modeling (BIM) menjadi alternatif yang memungkinkan tahap-tahap pembangunan lebih cepat, efektif, akurat, dan lebih efisien. Salah satu ketidakefektifan perencanaan adalah pemborosan material yang dapat menyebabkan *waste* material.

Sisa material (*waste*) yang dominan dalam sebuah proyek adalah potongan tulangan baja. Hal ini terbukti dari besaran harga material tulangan baja yang cukup besar sekitar 10% - 30% dari total nilai proyek. Dari sini, sekitar 5% dari material yang tersisa terbuang karena kesalahan pemotongan baja (Intan dkk., 2005). Dengan pengurangan *waste* material kontraktor dapat menghemat biaya, sehingga dapat meningkatkan keuntungan dan juga mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan.

Mengingat bahwa *waste* material adalah masalah yang penting bagi industri konstruksi, peneliti mengimplementasikan konsep pemodelan 3D *Building Information Modelling* (BIM) pada gedung LVP PRODUCTION INDONESIA menggunakan *software* Autodesk Revit untuk mendapatkan *Bar Bending Schedule* (BBS) tulangan kolom yang kemudian diimpor ke dalam *software* Cutting Optimization Pro guna mencapai tujuan mendapatkan pola pemotongan dan *waste* yang optimal. Hal ini diharapkan dapat memberikan gambaran implementasi perencanaan permintaan tulangan berbasis BIM yang lebih akurat dan efisien, serta mengefisienkan proses penyediaan baja agar sesuai dengan rencana dan meminimalkan pemborosan *waste* material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modeling (BIM) adalah suatu pendekatan terintegrasi untuk perencanaan, desain, konstruksi, dan pengelolaan suatu bangunan atau infrastruktur. Keuntungan dari BIM meliputi efisiensi desain, pengurangan konflik antara elemen-elemen proyek, dan perencanaan yang lebih baik (Eastman et al., 2018)

2.2. Autodesk Revit

Perangkat lunak Autodesk Revit adalah sebuah aplikasi BIM yang menggunakan model 3D berparameter untuk menghasilkan gambar denah, bagian, elevasi, perspektif, detail, serta jadwal untuk semua elemen (Mariza & Marizan, 2019) Autodesk Revit mampu menghasilkan *output* berupa informasi terkait proyek, analisis, dan simulasi sebelum tahap konstruksi dimulai (Rayendra & Soemardi, 2014).

2.3. Cutting Optimization Pro

Cutiing Optimization Pro adalah *software cutting* berbasis desktop yang dikembangkan oleh Optimal Program SRL (Hidayah et al., 2023). Perangkat lunak/*software* 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.

2.4. Material Konstruksi

Menurut Intan et al., (2005) Penggunaan material dalam proses konstruksi digolongkan dalam dua bagian besar yaitu *Consumable material*, merupakan material konstruksi yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan dan *Non-consumable material*, merupakan material penunjang dalam proses konstruksi serta bukan merupakan bagian dari fisik bangunan.

2.5. Baja Tulangan

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional, 2052:2017 tentang baja tulangan beton, baja tulangan adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk penampang batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton.

2.6. Waste Material

Waste Material adalah limbah atau sisa dari proyek konstruksi atau pembangunan. Ini termasuk material yang tidak terpakai, material rusak, atau material yang dianggap tidak lagi memiliki nilai atau relevansi dalam konteks proyek tersebut. *Waste Material* konstruksi dapat mencakup berbagai jenis material, seperti batu bata, beton, kayu, logam, kaca, plastik, dan sebagainya (Formoso et al., 2002).

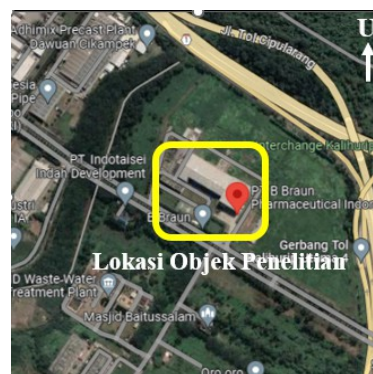
2.7. Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule (BBS) merupakan daftar yang mencatat pola pembengkokan tulangan, termasuk data seperti bentuk, diameter, panjang, dan jumlah tulangan. Untuk menyusun *Bar Bending Schedule* (BBS), perlu data yang lengkap mengenai ukuran, jumlah, dan dimensi tulangan baja yang digunakan. Daftar ini digunakan sebagai panduan dalam pengadaan material tulangan. Metode *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan penulangan baja dengan mengurangi limbah yang dihasilkan (Muhamad Alimin et al., 2023).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Objek Penelitian

Objek penelitian berada di Sector 1-A, Block A Bukit Indah Industrial Park Indotaisei Industrial Estate Bukit Indah, Kalihurip-Cikampek Jawa Barat. Berkoordinat pada 6°25'24.5"S 107°25'12.8"E. Denah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Objek Penelitian

3.2. Data Penelitian

Dalam penelitian ini membutuhkan data teknis yang berkaitan khusus dengan proyek data yaitu gambar rencana Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA. Data didapatkan dari perusahaan konsultan perencanaan, dalam hal ini yaitu PT Royal Haskoning Indonesia.

3.3. Software Pendukung Penelitian

Software atau perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu *Autodesk Revit* dan *Cutting Optimization Pro*. *Autodesk Revit* dipilih karena mampu mengeluarkan hasil kerja berupa *quantity take off* dan *bar bending schedule* (BBS) yang diperlukan dalam penelitian ini. Sedangkan untuk pola pemotongan tulangan (*cutting list*) digunakan *software Cutting Optimazion Pro*.

3.4. Metode Penelitian

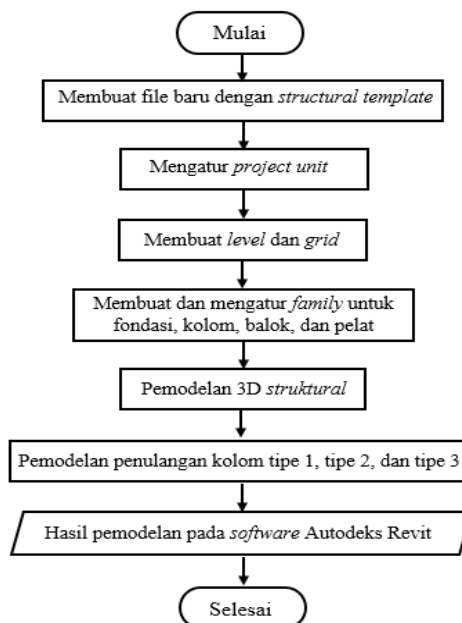
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif eksperimental murni. Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan pemotongan tulangan, serta tipe pemasangan tulangan yang akan digunakan sebagai pembandingan terhadap uji coba antara total kebutuhan tulangan dan besaran nilai *waste* tulangan.

3.4.1. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah gambar rencana Gedung LPV PRODUCTION INDONESIA. Data gambar rencana digunakan sebagai referensi dari pemodelan 3D struktural dengan *software Autodesk Revit*.

3.4.2. Tahap Pemodelan

Pemodelan 3D *struktural* akan dilakukan apabila semua data gambar rencana sudah terkumpul. Pemodelan akan dilakukan dengan mengimplementasikan metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan menggunakan *software Autodesk Revit* sesuai dengan gambar rencana. Pemodelan struktural meliputi tiang pancang, *tie beam*, kolom, balok, dan pelat. Diagram alir pemodelan dapat dilihat pada Gambar 2.



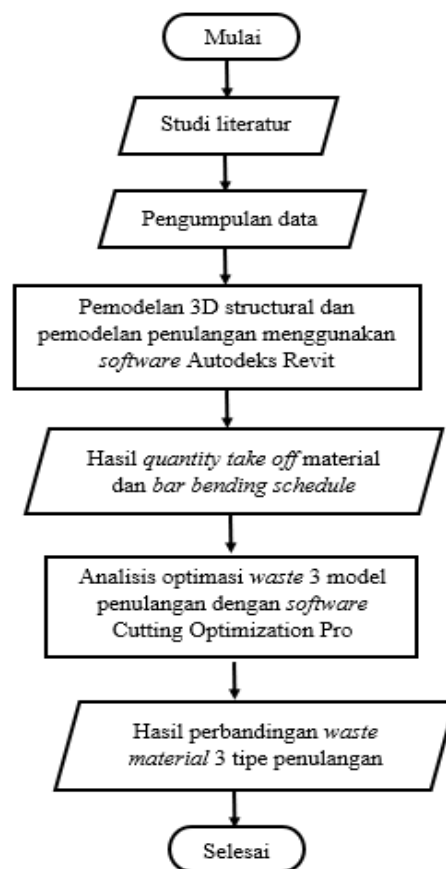
Gambar 2. Diagram alir pemodelan.

3.4.3. Tahap Analisis

Tahap analisis data merupakan tahap yang penting, dimana data yang telah dikumpulkan, diproses dan disajikan untuk membantu peneliti dalam menjawab pertanyaan peneliti yang sedang diteliti Analisis data dilakukan dengan menggunakan perspektif dan sudut pandang peneliti terhadap topik. yang spesifik atau dalam rangka memecahkan permasalahan yang sedang dihadapi. Tulangan kolom akan dievaluasi, kemudian dilakukan perhitungan *waste material*.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Cutting List

Setelah dilakukan pemodelan *software* Autodesk Revit dan mendapatkan *output Bar Bending Schedule* (BBS), maka dilakukan pemodelan *cutting list* menggunakan *software* Cutting Optimization Pro. Berikut merupakan hasil *cutting list* dari *software* Cutting Optimazition Pro.

Length	Material	Quantity	Label	Waste	Graphic: 1D
12000	D25	24	0	0	5818 2106 2038 2038 U C2 SB C3 SB C2 SB C2
12000	D25	16	0	0	5000 5000 2000 U C2 U C2 SB C3
12000	D25	24	0	0	5000 5000 2000 U C6 U C6 SB C3
12000	D25	6	11	11	5800 2113 2038 2038 U C3 SB C2 SB C2 SB C2
12000	D25	40	335	335	5040 4512 2113 U C2 U C2 SB C2
12000	D25	48	364	364	5818 5818 U C2 U C2
12000	D25	29	400	400	5800 5800 U C3 U C3
12000	D25	18	621	621	5040 2113 2113 2113 U C2 SB C2 SB C2 SB C2
12000	D25	31	1920	1920	5040 5040 U C2 U C2
12000	D25	8	2000	2000	5000 5000 U C6 U C6

Gambar 4. Cutting list tulangan kolom tipe 1 D25.

Length	Material	Quantity	Label	Waste	Graphic: 1D
12000	D22	32	64	64	5816 2040 2040 2040 UC1 SB C1 SB C1 SB C1
12000	D22	88	346	346	5040 4500 2114 UC1 UC1 SB C1
12000	D22	116	368	368	5816 5816 UC1 UC1
12000	D22	96	540	540	6420 5040 UC4 UC1
12000	D22	55	618	618	5040 2114 2114 2114 UC1 SB C1 SB C1 SB C1
12000	D22	12	1920	1920	5040 5040 UC1 UC1
12000	D22	1	1960	1960	5040 5000 UC1 UC4
12000	D22	23	2000	2000	5000 5000 UC4 UC4
12000	D22	1	2646	2646	5000 2114 2040 UC4 SB C1 SB C1

Gambar 5. Cutting list tulangan kolom tipe 1 D22.

Length	Material	Quantity	Label	Waste	Graphic: 1D
12000	D10	27	2	2	1579 1414 1379 1379 1379 1217 1217 1217 1217 S C1 S C3 S C1 S C1 S C1 S C3 S C3 S C3 S C3
12000	D10	16	28	28	1579 1579 1579 1579 1414 1414 1414 1414 S C1 S C1 S C1 S C1 S C3 S C3 S C3 S C3
12000	D10	1	133	133	1579 1579 1579 1579 1414 1379 1379 1379 S C1 S C1 S C1 S C1 S C3 S C1 S C1 S C1
12000	D10	57	168	168	1579 1579 1579 1579 1379 1379 1379 1379 S C1 S C1 S C1 S C1 S C1 S C1 S C1 S C1
12000	D10	45	168	168	1579 1579 1579 1579 1379 1379 1379 1379 S C1 S C1 S C1 S C1 S C2 S C2 S C2 S C2
12000	D10	1	168	168	1579 1579 1579 1579 1379 1379 1379 1379 S C1 S C1 S C1 S C2 S C2 S C2 S C2 S C2
12000	D10	19	168	168	1579 1579 1579 1579 1379 1379 1379 1379 S C2 S C2 S C2 S C2 S C2 S C2 S C2 S C2
12000	D10	38	168	168	1579 1579 1579 1579 1379 1379 1379 1379 S C2 S C2 S C2 S C2 S C4 S C4 S C4 S C4
12000	D10	1	768	768	1579 1379 1379 1379 1379 1379 1379 1379 S C2 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4
12000	D10	62	968	968	1379 1379 1379 1379 1379 1379 1379 1379 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4
12000	D10	1	5105	5105	1379 1379 1379 1379 1379 S C4 S C4 S C4 S C4 S C4

Gambar 6. Cutting list D10 tulangan kolom tipe 1,2, dan tipe 3.

4.2. Analisis Waste Material

Pada penelitian ini, *waste* material dari tulangan kolom dianalisis dengan menggunakan *cutting list* yang telah dihasilkan melalui *software* Cutting Optimization Pro. Cutting Optimization Pro memiliki kemampuan untuk menghasilkan *cutting list* dengan kombinasi yang paling efisien, sehingga dapat mengurangi *waste* material sebanyak mungkin. Terdapat 3 tipe pemotongan tulangan kolom dalam penelitian ini yaitu tipe 1, tipe 2, dan tipe 3 serta terdapat 3 jenis baja tulangan yang digunakan yaitu tulangan D10, D22, dan tulangan D25.

4.1.1. Waste Tulangan Kolom Tipe 1

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material baja tulangan kolom tipe 1 D25 dan D22 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 1 D25.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	24	0,000	288	1109,77	0,00	0,00
2	12	16	0,000	192	739,85	0,00	0,00
3	12	24	0,000	288	1109,77	0,00	0,00
4	12	6	0,011	72	277,44	0,07	0,25
5	12	40	0,335	480	1849,61	13,40	51,64
6	12	48	0,364	576	2219,54	17,47	67,33
7	12	29	0,400	348	1340,97	11,60	44,70
8	12	18	0,621	216	832,33	11,18	43,07
9	12	31	1,920	372	1433,45	59,52	229,35
10	12	8	2,000	96	369,92	16,00	61,65
Total		244		2928	11282,64	129,24	498,00

Tabel 2. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 1 D22.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	32	0,064	384	1145,87	2	6
2	12	88	0,346	1056	3151,15	30	91
3	12	116	0,368	1392	4153,79	43	127
4	12	96	0,540	1152	3437,62	52	155
5	12	55	0,618	660	1969,47	34	101
6	12	12	1,920	144	429,70	23	69
7	12	1	1,960	12	35,81	2	6
8	12	23	2,000	276	823,60	46	137
9	12	1	2,846	12	35,81	3	8
Total		424		5088	15183	235	701

4.1.2. Waste Tulangan Kolom Tipe 2

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 2 D25 dan D22 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 2 D25.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	4	0	48	184,96	0,00	0,00
2	12	100	0,043	1200	4624,03	4,00	17,00
3	12	20	0,050	240	924,81	1,00	3,85
4	12	4	0,063	48	184,96	0,25	0,97
5	12	60	0,131	720	2774,42	7,86	30,29
6	12	16	0,976	192	739,85	15,62	60,17
7	12	4	2,976	48	184,96	11,90	45,87
Total		210		2496,00	9617,99	40,93	157,73

Tabel 4. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 2 D22.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	32	0,064	384	1145,87	2	6
2	12	88	0,346	1056	3151,15	30	91
3	12	116	0,368	1392	4153,79	43	127
4	12	96	0,54	1152	3437,62	52	155
5	12	55	0,618	660	1969,47	34	101
6	12	12	1,92	144	429,70	23	69
7	12	1	1,96	12	35,81	2	6
8	12	23	2	276	823,60	46	137
9	12	1	2,846	12	35,81	3	8
Total		424		5088	15182,80	235	701

4.1.3. *Waste* Tulangan Kolom Tipe 3

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 3 D25 dan D22 dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 3 D25.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	4	0	48	184,96	0,00	0,00
2	12	100	0,043	1200	4624,03	4,00	17,00
3	12	20	0,050	240	924,81	1,00	3,85
4	12	4	0,063	48	184,96	0,25	0,97
5	12	60	0,131	720	2774,42	7,86	30,29
6	12	16	0,976	192	739,85	15,62	60,17
7	12	4	2,976	48	184,96	11,90	45,87
Total		210		2496	9617,99	40,93	157,73

Tabel 6. Kebutuhan dan *waste* material tulangan kolom tipe 3 D22.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	32	0,064	384	1145,87	2	6
2	12	88	0,346	1056	3151,15	30	91
3	12	116	0,368	1392	4153,79	43	127
4	12	96	0,540	1152	3437,62	52	155
5	12	55	0,618	660	1969,47	34	101
6	12	12	1,920	144	429,70	23	69
7	12	1	1,960	12	35,81	2	6
8	12	23	2,000	276	823,60	46	137
9	12	1	2,846	12	35,81	3	8
Total		424		5088	15182,80	2345	701

4.1.4. *Waste* Tulangan Sengkan Kolom

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan sengkan kolom tipe 1, tipe 2, dan tipe 3 D10 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan dan *waste* material tulangan sengkan kolom.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	12	27	0,002	324	199,76	0,05	0,03
2	12	16	0,028	192	118,38	0,45	0,28
3	12	1	0,133	12	7,40	0,13	0,08
4	12	57	0,168	684	421,71	9,58	5,90
5	12	45	0,168	540	332,93	7,56	4,66
6	12	1	0,168	12	7,40	0,17	0,10

7	12	19	0,168	228	140,57	3,19	1,97
8	12	38	0,168	456	281,14	6,38	3,94
9	12	1	0,768	12	7,40	0,77	0,47
10	12	62	0,968	744	458,70	60,02	37,00
11	12	1	5,105	12	7,40	5,11	3,15
Total		268		3216	1982,78	93,40	57,59

4.2. Waste Level

Waste level adalah salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat pemborosan yang terjadi dalam suatu proyek konstruksi. *Waste level* merupakan persentase estimasi total sisa material yang tidak dapat digunakan kembali.

Waste level dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Waste\ level = \frac{Berat\ waste}{Berat\ Kebutuhan} \times 100\ \% \quad (1)$$

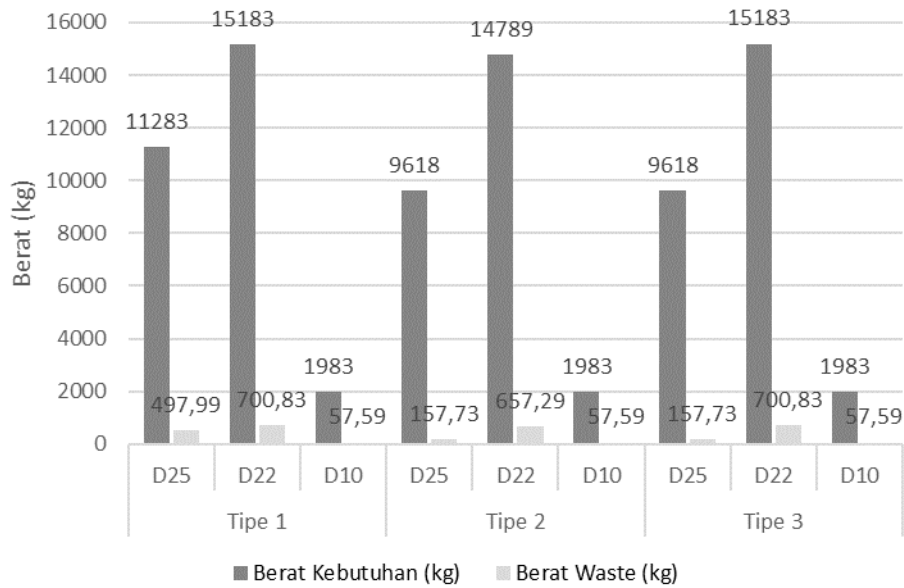
Perhitungan *waste level* disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. *Waste level* kolom tipe 1, tipe 2, dan tipe 3.

Tulangan		Berat Kebutuhan (kg)	Berat Waste (kg)	Waste Level
Tipe 1	D25	11283	497,99	4,41%
	D22	15183	700,83	4,62%
	D10	1983	57,59	2,90%
	Total	28448	1256,41	4,42%
Tipe 2	D25	9618	157,73	1,64%
	D22	14789	657,29	4,44%
	D10	1983	57,59	2,90%
	Total	26390	872,60	3,31%
Tipe 3	D25	9618	157,73	1,64%
	D22	15183	700,83	4,62%
	D10	1983	57,59	2,90%
	Total	26784	916,14	3,42%

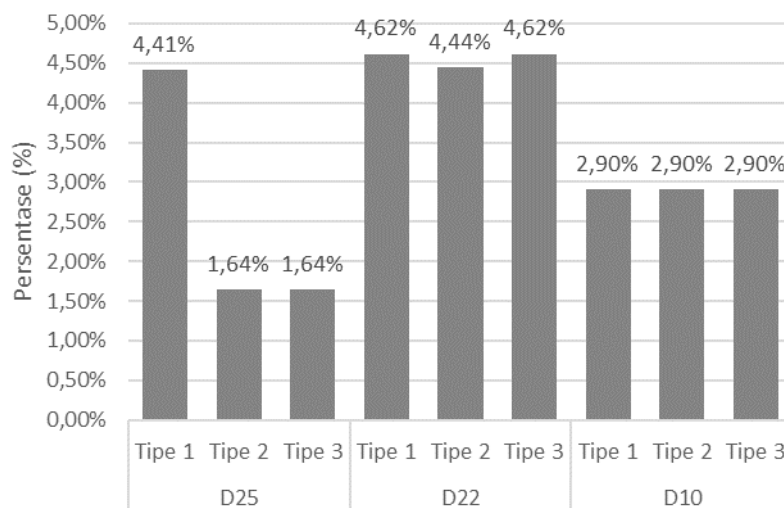
4.3. Pembahasan

Dari hasil implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam analisis *waste* material tulangan kolom tipe 1, tipe 2, dan tipe 3 pada Gedung LVP Production Indonesia didapat bahwa berat kebutuhan baja tulangan kolom tipe 1 sebesar 28.449 kg. Total berat kebutuhan kolom tipe 2 sebesar 26.390 kg dan total berat kebutuhan kolom tipe 3 sebesar 26.784 kg. Sementara untuk berat total *waste* kolom tipe 1 sebesar 1.256,41 kg, tipe 2 sebesar 872,6 kg, dan tipe 3 sebesar 916,14 kg. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan *waste* tulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat waste tulangan kolom.

Dan didapat perhitungan *waste level* tulangan kolom tipe 1 sebesar 4,42%, kolom tipe 2 sebesar 3,31%, dan kolom tipe 3 sebesar 3,42%. Grafik perbandingan *waste level* tulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan *waste level* tulangan kolom tipe 1,2 dan 3.

Jadi tulangan kolom tipe 2 lebih efektif jika dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan 3 jika ditinjau dari total berat kebutuhan dan berat waste. Dapat dilihat juga dari *waste level*, tulangan kolom tipe 2 menghasilkan waste material yang lebih kecil dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan 3.

V. SIMPULAN

Pemodelan struktur menggunakan *software* Autodesk Revit meliputi pondasi, balok, kolom, pelat, tangga, serta pembesian masing-masing elemen struktur. Autodesk Revit merupakan *software* berbasis *Building Information Modeling* (BIM), sehingga sangat memudahkan dalam proses pemodelan, revisi, serta mengeluarkan informasi-informasi mengenai suatu elemen struktur.

Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan mampu menghasilkan *Bar Bending Schedule* (BBS) yang lebih akurat dan cepat. Hal ini dikarenakan *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat langsung dikeluarkan jika struktur dan tulangan sudah dimodelkan. Jadi tidak perlu menghitung *Bar Bending Schedule* (BBS) secara konvensional atau manual lagi, sehingga dapat menghemat waktu perencanaan. Penggunaan *software* Cutting Optimization Pro dalam perencanaan *cutting list* dapat memudahkan serta meminimalisir terjadinya *human error*. *Cutting list* dapat dihasilkan dengan waktu yang singkat serta menghasilkan pola pemotongan yang paling efisien.

Analisis *waste* material tulangan kolom telah dihitung berdasarkan *Bar Bending Schedule* (BBS) dan *cutting list* yang menghasilkan berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan berat kebutuhannya, tulangan kolom tipe 2 lebih hemat 3% dan kolom tipe 3 lebih hemat 1,56% dari rata-rata total berat kebutuhannya. Jika ditinjau dari total berat *waste*, kolom tipe 2 lebih hemat 14,03% dan kolom tipe 3 lebih hemat 9,74% dari rata-rata total berat *waste*. Jika ditinjau dari *waste level*, tulangan kolom tipe 2 menghasilkan *waste level* yang lebih kecil dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan tipe 3 yaitu sebesar 3,31%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional., 2017, Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- Eastman, C., Liston, K., Sacks, R., & Liston, K., 2018, *BIM Handbook Paul Teicholz Rafael Sacks*.
- Formoso, C. T., Soibelman, L., De Cesare, C., & Isatto, E. L., 2002, Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(4), 316–325.
- Hidayah, F. N., Rafie, R., Nuh, S. M., Syahrudin, S., & Lusiana, L., 2023, Comparative Analysis of Direct Waste Using Software Cutting Optimization Pro and the Cost of Using Conventional Reinforcement and Wiremesh in Floor Slab Work. (Case Study: Office and Depot Construction Project of Pt. Gudang Garam). *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 103.
- Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L., 2005, Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : *Civil Engineering Dimension*, 7(1), 36–45.
- Mariza, Y., & Marizan, Y., 2019, Penggunaan Software Autodesk Revit. *Jurnal Ilmiah Beering's*, 06(01), 15–26.
- Muhamad Alimin, Imron Imron, & Muhammad Taulani., 2023, Penerapan Bulding Information Modelling (BIM) Autodesk Revit dalam Pembuatan Bar Bending Schedule (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star - Jakarta Timur. *Jural Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 21–32.
- Rayendra, & Soemardi, B. W., 2014, Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi. *Symposium Nasional RAPI XIII*, 13, 14–21.

