

Analisis Waste Material Tulangan Pelat Menggunakan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung

Muh Alieftama Dytam Bastari¹⁾

Hasti Riakara Husni²⁾

Bayzoni²⁾

Ashruri²⁾

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is an effective approach for designing, building, and managing construction projects. Waste materials are a common problem in construction projects. This research was performed at the SMPN 41 Bandar Lampung Construction Project. To produce the total volume and weight of slab reinforcement material, knowing the comparison of waste material of reinforcement type 1 and 2 (for type 1 cutting pattern per segment and type 2 cutting pattern per 12 meters). The research method using Autodesk Revit software and 1D Cutting Optimization Pro. The analysis results show that type 1 has a total slab material volume weight of 2402.10 kg and type 2 has a total slab material volume weight of 2166.60 kg. Type 2 reinforcement is 9.80% more efficient than type 1 in terms of material weight percentage. Additionally, type 2 slab reinforcement is 36.36% more efficient than type 1 in terms of percentage of waste. Type 1 slab reinforcement is 7.44% and Type 2 slab reinforcement is 3.00% in terms of waste. Therefore, type 2 slab reinforcement is 4.44% less than type 1. The material waste in this study is caused by differences in the cutting pattern of the reinforcement.

Keywords : Waste material, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, 1D Cutting Optimization Pro, Material Volume.

Abstrak

Building Information Modeling (BIM) telah muncul sebagai pendekatan yang efektif dalam merancang, membangun, dan mengelola proyek konstruksi. Salah satu permasalahan dalam proyek konstruksi yaitu adanya waste material. Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung. Tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan volume total, berat material tulangan pelat, dan mengetahui perbandingan waste material tulangan tipe 1 dan 2 (untuk tipe 1 pola pemotongan per segmen dan tipe 2 pola pemotongan per 12 meter). Metode penelitian menggunakan software Autodesk Revit dan 1D Cutting Optimization Pro. Hasil analisis didapatkan berat total volume material pelat sebesar 2402,10 kg untuk tipe 1 dan 2166,60 kg untuk tipe 2. Untuk persentase berat material, tulangan tipe 2 lebih hemat 9,80% dibanding tipe 1. Untuk persentase waste material, tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 36,36 % dibandingkan tipe 1. Berdasarkan waste level, tulangan pelat tipe 1 sebesar 7,44% serta tulangan pelat tipe 2 sebesar 3,00%. Sehingga tulangan pelat tipe 2 lebih kecil 4,44 % dibandingkan tipe 1. Penyebab terjadinya waste material pada penelitian ini karena adanya perbedaan pola pemotongan pada tulangan.

Kata kunci : Sisa Material, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, 1D Cutting Optimization Pro, Volume Material.

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

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

I. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi merupakan sektor yang membutuhkan penggunaan sumber daya yang signifikan, termasuk material. Namun, seringkali terjadi pemborosan dan penyalahgunaan material dalam proses pembangunan, yang dapat menyebabkan peningkatan biaya proyek, penggunaan sumber daya yang tidak efisien, dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Dalam konteks ini, *Building Information Modeling* (BIM) telah muncul sebagai pendekatan yang efektif dalam merancang, membangun, dan mengelola proyek konstruksi. *Building Information Modeling* (BIM) adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam proses perancangan, konstruksi, dan pengelolaan gedung tersebut. Dengan menggunakan BIM, tim desain dan konstruksi dapat bekerja bersama-sama dalam lingkungan virtual yang terintegrasi. Penelitian ini memiliki relevansi yang penting dalam konteks proyek pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung. Dengan menganalisis *waste* material tulangan pelat pada proyek tersebut, akan diketahui potensi pemborosan yang terjadi, penyebabnya, dan kontribusi penggunaan BIM dalam mengatasi masalah tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi yang berguna bagi pihak-pihak terkait, termasuk pihak pengembang proyek, kontraktor, dan profesional konstruksi dalam upaya peningkatan efisiensi dan keberlanjutan proyek konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modeling (BIM) adalah seperangkat teknologi yang seluruh prosesnya bekerja secara kolaborasi dan saling berintegrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah saling terhubung. Selain itu, memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaboratif (Eastman et al., 2011).

2.2. Autodesk Revit

Autodesk Revit merupakan salah satu aplikasi program atau tools berbasis BIM yang membantu dalam pendokumentasian proyek secara lebih nyata karena dimodelkan dalam bentuk 3D. Autodesk merupakan perusahaan yang mengembangkan berbagai *software* di banyak bidang seperti industri lintas manufaktur, arsitektur, bangunan, konstruksi, dan media, serta hiburan. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1982 oleh John Walker dan Dan Drake dan bermarkas di Mill Valley, California (Autodesk Revit, 2023).

2.3. Cutting Optimization Pro

Cutting Optimization Pro adalah *software* yang digunakan *engineer* untuk mendapatkan tata letak pemotongan yang optimal baik untuk potongan satu dimensi (1D) ataupun dua dimensi (2D). *Software* ini juga memungkinkan *engineer* untuk menghitung pemotongan produk yang kompleks. Upaya untuk meminimalisasi sisa material sangat penting untuk diterapkan *software* Cutting Optimization Pro merupakan sebuah program yang dapat mengoptimalkan penggunaan material tulangan. Dimulai dengan membuat rekapitulasi kebutuhan tulangan dengan menentukan ukuran, kuantitas, dan jenis bahan atau diameter yang dibutuhkan. Kemudian *software* Cutting Optimization Pro ini dapat membuat pola-pola pemotongan yang menghasilkan *waste* terkecil dan juga secara otomatis menghitung volume material yang akan kita gunakan (Rini Ratnayanti, 2016).

2.4. Waste Material

Waste atau pemborosan dicirikan sebagai suatu barang atau objek yang dibuang oleh pemiliknya. Di dalam proyek konstruksi, pemborosan dicirikan sebagai bahan atau material yang tidak terpakai akibat terjadinya pengembangan, perbaikan atau penyesuaian (J.R. Illingworth., 1998).

2.5. Baja Tulangan

Baja tulangan beton menurut SNI 2052 tahun 2017 adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton pada proyek konstruksi.

2.5.1. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Baja Tulangan Beton Polos adalah baja tulangan beton yang memiliki penampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip/berulir. (SNI 2052:2017).

2.5.2. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS) adalah baja tulangan beton yang berbentuk batang baja dengan penampang sirip melintang di sepanjang permukaannya. Guna sirip ini yaitu untuk memberikan daya cengkram/lekat pada baja tulangan dan berguna dalam menahan gerakan memanjang dari baja tulangan secara relatif terhadap beton.

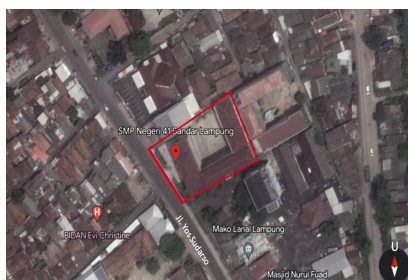
2.6. Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule (BBS) adalah daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi diameter, panjang, bentuk dan jumlah tulangan. Untuk membuat perhitungan dengan metode BBS ini diperlukan data gambar rencana atau *shop drawing* dari perencanaan, data mengenai ukuran dan jumlah tulangan yang dibutuhkan (Artama, 2007).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Objek Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada Gedung SMPN 41 Bandar Lampung yang berlokasi di Jl. Yos Sudarso. KM. 10, RW No. 4, Karang Maritim, Kec. Panjang, Kota Bandar Lampung, Lampung. Lokasi penelitian lihat Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Objek Penelitian

3.2. Data Penelitian

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu gambar rencana Gedung SMPN 41 Bandar Lampung

3.3. Software Pendukung Penelitian

Perangkat lunak atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Autodesk Revit dan Cutting Optimization Pro. Penggunaan Autodesk Revit dengan alasan dapat mengeluarkan hasil berupa *Quantity Take Off* dan *Bar Bending Schedule* yang nantinya digunakan pada penelitian ini. Cutting Optimization Pro digunakan untuk optimasi pada pemotongan tulangan

3.4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif-studi kaus, yaitu dengan cara mengumpulkan setiap data yang dibutuhkan untuk penyelesaian penelitian dari lokasi studi. 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 diperlukan yaitu data gambar rencana dari Gedung SMPN 41 Bandar Lampung. Dari data tersebut pemodelan 3D struktural dapat dilakukan menggunakan *software* Autodesk Revit.

3.4.2. Tahap Pemodelan

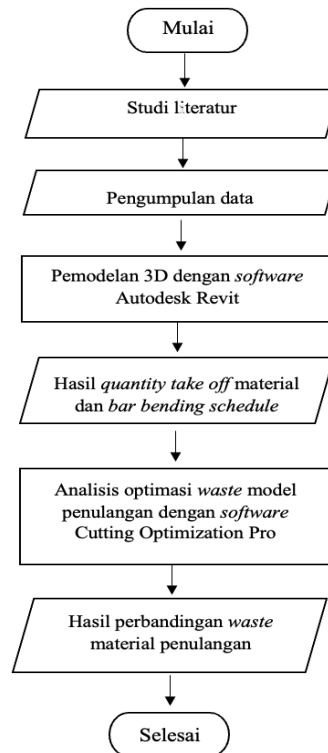
Tahapan pemodelan 3D struktural Gedung SMPN 41 Bandar Lampung dengan metode *Building Information Modelling* (BIM) menggunakan *software* Autodesk Revit sesuai dengan acuan gambar kerja. Adapun pemodelan struktural yang dimodelkan yaitu *bore pile*, *pile cap*, *tie beam*, kolom, balok, pelat, dan rangka baja. Untuk penulangan pada pelat dilakukan pemodelan dengan 2 tipe penulangan. Tipe pertama pada Gambar 2 yaitu penulangan pelat dengan pemotongan penulangan sesuai segmen bangunan per lantai. Tipe kedua pada Gambar 3 yaitu penulangan pelat dengan pemotongan tulangan setiap panjang tulangan maksimal 12 m.

Gambar 2. Pemotongan penulangan tipe 1.

Gambar 3. Pemotongan penulangan tipe 2.

3.5. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Diagram alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Waste Material

Analisis *waste* material tulangan pelat tipe 1 dan 2 yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *cutting list* yang didapatkan dengan *software* Cutting Optimization Pro. *Cutting list* ini berisi informasi kebutuhan batang per 12 m yang dibutuhkan untuk tulangan pelat tipe 1 dan tipe 2. *Software* Cutting Optimization Pro dapat mengeluarkan kombinasi *cutting list* yang paling optimal, sehingga mampu mendapatkan nilai minimum dari *waste* material. Analisis ini menggunakan rumus untuk menghitung nilai *waste* material yang selanjutnya hasil perhitungan di tampilkan dalam tabel.

Perbedaan utama tulangan pelat tipe 1 dan tipe 2 terletak pada panjang tulangan utama pelat. Pada penelitian tersebut tipe tulangan pada pelat adalah D10.

4.1.1. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 1

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan pelat tipe 1 ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kebutuhan dan *Waste* Material Tulangan Pelat Tipe 1

Batang	Panjang (m)	Jumlah	Waste (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	2	0,62	24	18,84	1,2	0,97
2	12	4	0,64	48	37,68	2,6	2,01
3	12	2	0,66	24	18,84	1,3	1,04
4	12	2	0,67	24	18,84	1,3	1,05
5	12	2	0	24	18,84	0,0	0,00
6	12	2	0,01	24	18,84	0,0	0,02
7	12	4	0,02	48	37,68	0,1	0,06
8	12	8	0	96	75,36	0,0	0,00
9	12	2	0,04	24	18,84	0,1	0,06
10	12	2	0,05	24	18,84	0,1	0,08
11	12	8	0,06	96	75,36	0,5	0,38
12	12	6	0,12	72	56,52	0,7	0,57
13	12	2	0,19	24	18,84	0,4	0,30
14	12	2	0,23	24	18,84	0,5	0,36
15	12	2	0,24	24	18,84	0,5	0,38
16	12	6	0,25	72	56,52	1,5	1,18
17	12	6	0,26	72	56,52	1,6	1,22
18	12	10	0,27	120	94,20	2,7	2,12
19	12	4	0,28	48	37,68	1,1	0,88
20	12	2	0,29	24	18,84	0,6	0,46
21	12	2	0,06	24	18,84	0,1	0,09
22	12	2	0,15	24	18,84	0,3	0,24
23	12	1	0,25	12	9,42	0,3	0,20
24	12	2	0,26	24	18,84	0,5	0,41
25	12	1	0,29	12	9,42	0,3	0,23
26	12	1	0,31	12	9,42	0,3	0,24
27	12	2	0,67	24	18,84	1,3	1,05
28	12	1	0,68	12	9,42	0,7	0,53
29	12	2	0,24	24	18,84	0,5	0,38
30	12	2	0,03	24	18,84	0,1	0,05
31	12	2	0,07	24	18,84	0,1	0,11
32	12	2	0,08	24	18,84	0,2	0,13
33	12	2	0,13	24	18,84	0,3	0,20
34	12	10	0,14	120	94,20	1,4	1,10
35	12	4	0,16	48	37,68	0,6	0,50
36	12	2	0,01	24	18,84	0,0	0,02
37	12	8	1,87	96	75,36	15,0	11,74
38	12	4	0	48	37,68	0,0	0,00
39	12	1	0,01	12	9,42	0,0	0,01
40	12	3	1,89	36	28,26	5,7	4,45
41	12	4	0	48	37,68	0,0	0,00
42	12	2	0,09	24	18,84	0,2	0,14
43	12	2	0	24	18,84	0,0	0,00

Tabel 1. (Lanjutan)

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
44	12	4	0,13	48	37,68	0,5	0,41
45	12	12	0,14	144	113,04	1,7	1,32
46	12	2	0,15	24	18,84	0,3	0,24
47	12	2	0,06	24	18,84	0,1	0,09
48	12	16	2,05	192	150,72	32,8	25,75
49	12	1	2,06	12	9,42	2,1	1,62
50	12	1	2,07	12	9,42	2,1	1,62
51	12	5	2,08	60	47,10	10,4	8,16
52	12	2	2,09	24	18,84	4,2	3,28
53	12	3	4,43	36	28,26	13,3	10,43
54	12	6	4,46	72	56,52	26,8	21,01
55	12	2	4,48	24	18,84	9,0	7,03
56	12	6	0,02	72	56,52	0,1	0,09
57	12	4	0,04	48	37,68	0,2	0,13
58	12	2	0,05	24	18,84	0,1	0,08
59	12	2	0,08	24	18,84	0,2	0,13
60	12	2	0,03	24	18,84	0,1	0,05
61	12	2	0	24	18,84	0,0	0,00
62	12	1	0,46	12	9,42	0,5	0,36
63	12	1	0,48	12	9,42	0,5	0,38
64	12	1	1,26	12	9,42	1,3	0,99
65	12	2	1,84	24	18,84	3,7	2,89
66	12	1	0	12	9,42	0,0	0,00
67	12	2	0,13	24	18,84	0,3	0,20
68	12	12	2,26	144	113,04	27,1	21,29
69	12	3	2,28	36	28,26	6,8	5,37
70	12	17	2,3	204	160,14	39,1	30,69
71	12	1	0,07	12	9,42	0,1	0,05
Total				3060	2402,10	227,5	178,60

4.1.2. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 2

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan pelat tipe 2 pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kebutuhan dan Waste Material Tulangan Pelat Tipe 2

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	70	0	840	659,40	0,00	0,00
2	12	4	0,6	48	37,68	2,40	1,88
3	12	2	0,61	24	18,84	1,22	0,96
4	12	10	0,62	120	94,20	6,20	4,87
5	12	2	0,64	24	18,84	1,28	1,00
6	12	16	0,68	192	150,72	10,88	8,54
7	12	10	0,75	120	94,20	7,50	5,89

Tabel 2. (Lanjutan)

Batang	Panjang	Jumlah	Waste	Waste			
	Batang	Batang	Batang	Panjang	Berat	Panjang	Berat
			(m)	(m)	(kg)	(m)	(kg)
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							

Tabel 2. (Lanjutan)

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
54	12	1	0,02	12	9,42	0,02	0,02
55	12	1	0,05	12	9,42	0,05	0,04
56	12	1	0,08	12	9,42	0,08	0,06
57	12	1	0,02	12	9,42	0,02	0,02
58	12	1	0,04	12	9,42	0,04	0,03
59	12	1	0,03	12	9,42	0,03	0,02
60	12	1	0,38	12	9,42	0,38	0,30
61	12	1	0,39	12	9,42	0,39	0,31
62	12	1	0,8	12	9,42	0,80	0,63
63	12	1	0,4	12	9,42	0,40	0,31
64	12	1	0,5	12	9,42	0,50	0,39
65	12	1	0,05	12	9,42	0,05	0,04
66	12	1	0,91	12	9,42	0,91	0,71
67	12	1	1,12	12	9,42	1,12	0,88
68	12	1	0,27	12	9,42	0,27	0,21
69	12	1	0,17	12	9,42	0,17	0,13
70	12	1	0,02	12	9,42	0,02	0,02
71	12	1	0,2	12	9,42	0,20	0,16
Total				2760	2166,60	82,74	64,95

4.2. Waste Level

Setelah mendapatkan data berupa kebutuhan dan *waste* tulangan pelat, tahapan selanjutnya yaitu menghitung *waste level* pada tulangan pelat. *Waste level* merupakan suatu indikator yang digunakan untuk mengukur seberapa besar persentase tingkat pemborosan yang terjadi pada suatu proyek konstruksi. *Waste level* diperoleh dari persentase estimasi total sisa material yang tidak dapat digunakan kembali.

Waste level dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Waste\ level = \frac{\text{Berat waste}}{\text{Berat kebutuhan}} \times 100 \%$$

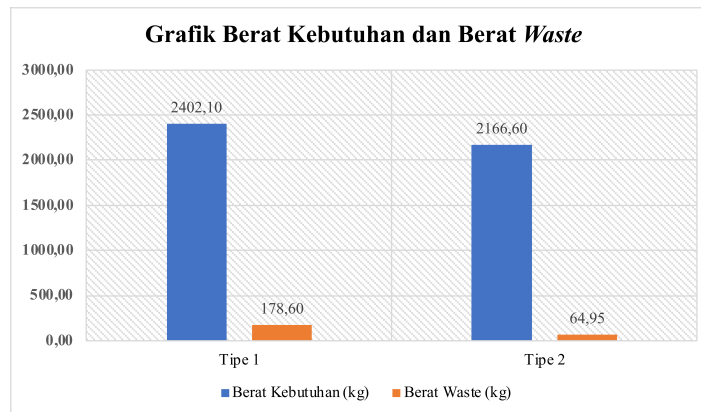
Perhitungan *waste level* disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. *Waste Level* Tulangan Pelat Tipe 1 dan Tipe 2

Tulangan		Berat Kebutuhan (kg)	Berat Waste (kg)	Waste Level
Tipe 1	D10	2402,10	178,60	7,44%
Tipe 2	D10	2166,60	64,95	3,00%

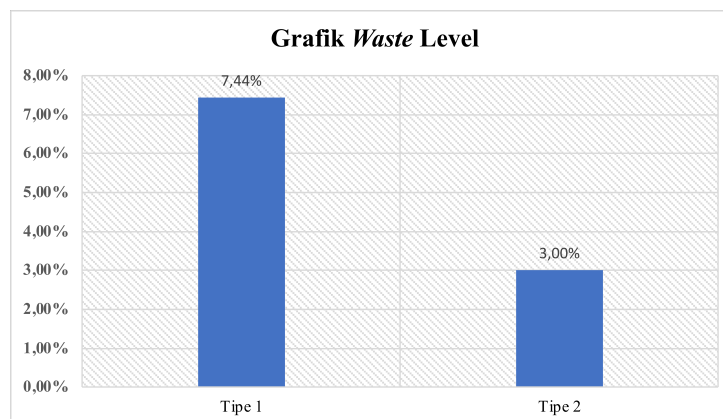
4.3. Pembahasan

Dari hasil analisis *waste material* tulangan pelat menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) pada proyek pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung diperoleh data bahwa total berat kebutuhan baja tulangan pelat tipe 1 sebesar 2402,15 kg. Total berat *waste* baja tulangan pelat tipe 1 sebesar 178,60 kg, sedangkan untuk total berat kebutuhan baja tulangan pelat tipe 2 sebesar 2166,60 kg. Total berat *waste* baja tulangan pelat tipe 2 sebesar 64,95 kg. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat *waste* tulangan pelat tipe 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat *waste* tulangan pelat tipe 1 dan 2.

Waste level tulangan pelat tipe 1 sebesar 7,44% serta *waste level* tulangan pelat tipe 2 sebesar 3,00%. Dapat dilihat pada Gambar 6, bahwa tulangan pelat tipe 1 menghasilkan *waste level* yang lebih besar dibandingkan tulangan pelat tipe 2. Apabila ditinjau dari *waste level*, tulangan pelat tipe 2 lebih kecil 4,44% dibandingkan tulangan pelat tipe 1, seperti ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan *waste level* tulangan pelat tipe 1 dan 2.

V. KESIMPULAN

Peranan *Building Information Modeling* (BIM) dalam proses perencanaan yang mana mampu menghasilkan *output* berupa *Bar Bending Schedule* (BBS) yang lebih akurat dan proses yang cepat. Hal ini dapat menghemat lebih banyak waktu dalam perencanaan. Pengaplikasian *software* 1D Cutting Optimization Pro dalam proses perencanaan *cutting list* dapat mempermudah dan meminimalisir terjadinya *human error*. Pola potongan atau *cutting list* dapat dihasilkan dalam waktu yang lebih cepat dan efisien serta menghasilkan pola pemotongan yang optimal.

Berat total volume material pelat pada pemodelan proyek Pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung yaitu sebesar 2402,10 kg untuk tipe 1 dan 2166,60 kg untuk tipe 2. Terdapat selisih sebesar 235,50 kg, sehingga untuk penulangan tipe 2 lebih efektif serta lebih hemat dibandingkan penulangan tipe 1.

Analisis *waste material* tulangan pelat berdasarkan perhitungan pada *Bar Bending Schedule* (BBS) dan *cutting list* yang menghasilkan *output* berupa berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan volume berat kebutuhan tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 9,80% dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Jika berdasarkan berat *waste* tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 36,36% dibandingkan tulangan pelat tipe 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Autodesk Revit (online), 2023. Available from: <https://www.autodesk.com/company/newsroom/corporate-info>.
- Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P. et al., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owner, Manager, Designer, Engineers and Contractors* (p. 243). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Illingworth, J.R., 1998. *Construction Methods and Planning*. E & FN Spon. London.
- Ratnayanti, K.R., 2016. *Evaluasi Penggunaan Baja Tulangan Dengan Menggunakan Software Cutting Optimization Pro Pada Proyek Gedung Di Kota Bandung*, 147 (March), 11–40.
- Standar Nasional Indonesia., 2017. *Baja Tulangan Beton, SNI 07-2052-2017*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Wiguna, I.P.A., 2007. Peningkatan Kompetensi Sumber Daya di Industri Konstruksi dalam Melakukan Optimalisasi Sistem Pembesian Struktur dengan Berbasis Web Based Training. *Jurnal: Teknik Sipil FTSP*. Institut Teknologi 10 Nopember (ITS) Surabaya.

