

**Analisis Waste Material Tulangan Pelat Menggunakan
Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek
Pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedung Tataan**

Rafif Ansori Atullah ¹⁾

Hasti Riakara Husni ²⁾

Bayzoni ²⁾

Ashruri ²⁾

Abstract

Technological advances mean that humans must be able to adapt to technology such as Building Information Modeling (BIM). One of the problems in construction projects is the existence of waste material. This research was conducted at the Gedung Tataan Religious Court New Office Building Construction Project. The aim of this research is to produce the total volume and weight of slab reinforcement material, determine the comparison of type 1 and type 2 reinforcement material waste, and determine the causes of material waste in this project. The research method used is pure quantitative experimental and uses Autodesk Revit and 1D Cutting Optimization Pro software. Based on the analysis results, it was found that the total weight of the slab reinforcement was 34,808.74 kg for type 1 and 28,824.59 kg for type 2. For the weight percentage of reinforcement material, type 2 is 17,19% more efficient compared type 1. For the percentage of waste material, type 2 slab reinforcement was 84.12% more efficient compared type 1. Based on the waste level, the slab reinforcement type 1 D6 is 27.44%, D10 is 0.20% and slab reinforcement type 2 D6 is 3.08%, D10 is 0.48%. So that type 2 D6 slab reinforcement is 24.36% smaller than type 1. Type 1 D10 slab reinforcement is 0.28% smaller than type 2. The cause of material waste in this research is due to differences in cutting patterns in the reinforcement.

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

Abstrak

Kemajuan teknologi membuat manusia harus bisa beradaptasi dengan teknologi seperti *Building Information Modelling* (BIM). Salah satu permasalahan dalam proyek konstruksi yaitu adanya waste material. Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedung Tataan. Tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan volume total dan berat material tulangan pelat, mengetahui perbandingan waste material tulangan tipe 1 dan 2, serta mengetahui penyebab terjadinya waste material pada proyek ini. Metode penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif eksperimental murni serta menggunakan *software* Autodesk Revit dan 1D Cutting Optimization Pro. Berdasarkan hasil analisis didapatkan berat total volume material pelat sebesar 34808,74 kg untuk tipe 1 dan 28824,59 kg untuk tipe 2. Untuk persentase berat material, tulangan tipe 2 lebih hemat 17,19% dibanding tipe 1. Untuk persentase waste material, tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 84,12 % dibandingkan tipe 1. Berdasarkan waste level, tulangan pelat tipe 1 D6 sebesar 27,44 %, D10 sebesar 0,20% serta tulangan pelat tipe 2 D6 sebesar 3,08%, D10 sebesar 0,48%. Sehingga tulangan pelat tipe 2 D6 lebih kecil 24,36 % dibandingkan tipe 1. Tulangan pelat tipe 1 D10 lebih kecil 0,28 % dibandingkan tipe 2. Penyebab terjadinya waste material pada penelitian ini karena adanya perbedaan pola pemotongan pada tulangan.

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

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: rafifanso21@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

Perkembangan teknologi pada bidang infrastruktur dapat dilihat dengan adanya *software* atau aplikasi yang memudahkan pekerjaan perencanaan, pelaksanaan hingga pemeliharaan. Salah satu *software* atau aplikasi tersebut yaitu BIM (*Building Information Modelling*). Menurut Abdurrahman (2012), pada pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan tidak dapat dihindari munculnya *waste* material konstruksi. Timbulnya *waste* material yang cukup besar akibat penggunaan material yang kurang efektif dan efisien, maka dengan adanya *waste* material yang cukup besar dapat dipastikan terjadi pembengkakan khususnya pada sektor pembiayaan yang akan merugikan proyek.

Pendapat yang sama disampaikan oleh Udawatta et al. (2015), yang menyatakan bahwa produksi *waste* material telah diidentifikasi sebagai salah satu masalah utama dalam industri konstruksi karena dampak langsungnya terhadap lingkungan serta efisiensi industri konstruksi. Salah satu bagian penting dalam penentuan besar biaya proyek adalah material konstruksi. Material konstruksi berkontribusi sebesar 40-60% dari biaya proyek (Ritz, 1994).

Mengingat bahwa *waste* material adalah masalah yang penting bagi industri konstruksi maka peneliti melakukan analisis *waste* material menggunakan BIM pada komponen struktur terutama pada struktur pelat. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan peninjauan terhadap analisis *waste* material tulangan pelat menggunakan BIM guna mencapai tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan volume total dan berat material tulangan pelat, mengetahui perbandingan *waste* material tulangan tipe 1 dan 2, serta mengetahui penyebab terjadinya *waste* material pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Building Information Modeling (BIM)

BIM adalah sebuah metodologi dimana seluruh informasi (spesifikasi, kuantitas, harga, tahapan, pekerjaan dan lain-lain) terintegrasi dengan 3D model bangunan yang menawarkan manfaat antara lain pengendalian biaya dan waktu, koordinasi saat pelaksanaan yang efisien dan mengoptimalkan manajemen aset infrastruktur. (Krisbandono dkk, 2019).

2.2. Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah salah satu aplikasi BIM untuk membuat model 3D yang menghasilkan geometri dengan informasi tertanam untuk desain dan konstruksi pada bangunan infrastruktur. Model-model ini adalah kompilasi dari program yang tidak hanya mengandung atribut geometris, tetapi juga data yang menginformasikan tentang bangunan di setiap tahapan proses (Kirby et al., 2018).

2.3. Cutting Optimization Pro

Optimal Programs SRL membuat suatu *software* yang memudahkan *engineer* dalam membuat pola pemotongan besi tulangan yaitu *software* Cutting Optimization Pro. I Wayan Muka dkk (2020) berpendapat bahwa penggunaan *software* Cutting Optimization Pro sangat efektif dan efisien dalam kontrol, manajemen material dan dapat menekan *waste* yang dihasilkan dari pemotongan di lapangan yang mana membutuhkan perencanaan lebih baik sebelum memulai proyek agar tidak ada kesalahan dan tetap sesuai pada gambar kerja.

2.4. Material Konstruksi

Material adalah suatu bagian penting dalam menentukan biaya dari suatu proyek konstruksi. Pada tahap pelaksanaan konstruksi penggunaan material di lapangan sering menyisakan material yang cukup besar. Hal ini disebabkan kurangnya perencanaan dan pengendalian yang tepat, sehingga upaya untuk mengurangi terjadinya sisa material ini sangat penting untuk diterapkan. (Asnudin, 2010)

2.5. 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).

2.6. 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.

2.6.1. 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).

2.6.2. 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.

2.8. 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 Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan yang berlokasi di Jl. Raya Kedondong Dusun Binong, Desa Way Layap, Kecamatan Gedong Tataan, Kompleks Perkantoran Pemda Kabupaten Pesawaran, 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 Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan. Data didapatkan dari perusahaan kontraktor pelaksana, dalam hal ini yaitu CV. Semar Mesem gmbh.

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

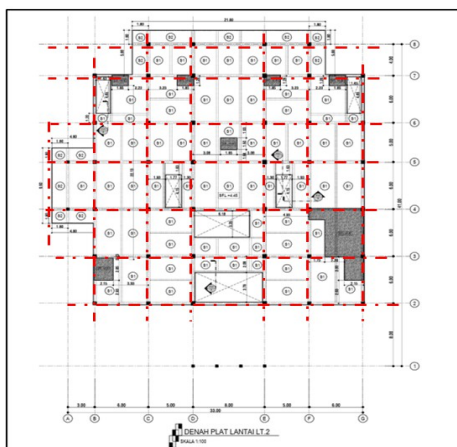
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif eksperimental murni. Metode kuantitatif merupakan penelitian yang dalam pengolahan dan pembahasan hasil analisis data menggunakan angka. Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan pemotongan tulangan, serta 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

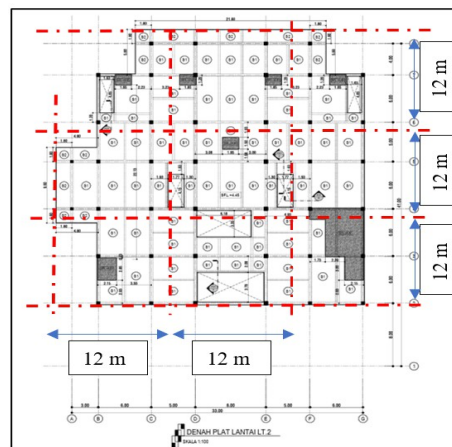
Data yang diperlukan yaitu data gambar rencana dari Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan. Dari data tersebut pemodelan 3D struktural dapat dilakukan menggunakan *software* Autodesk Revit.

3.4.2. Tahap Pemodelan

Tahapan pemodelan 3D struktural Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan 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.



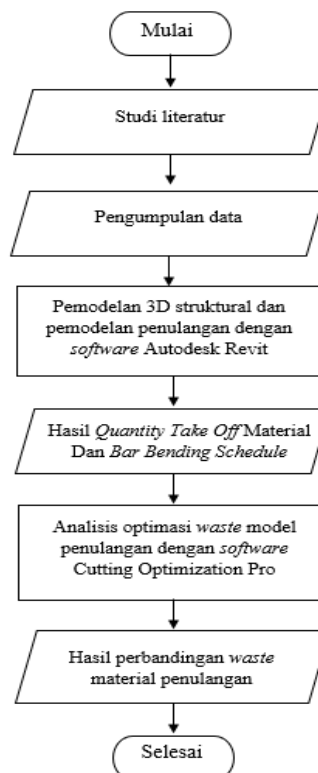
Gambar 3. Pemotongan penulangan tipe 2.

3.4.3. Tahap Analisis

Analisis data dilakukan melalui sudut pandang/perspektif peneliti mengenai suatu bahasan tertentu atau solusi dari sebuah permasalahan. Kedua tipe dievaluasi dan dilakukan perincian perhitungan analisis *waste* material. Analisis dilakukan untuk memastikan tujuan dari pemodelan yang telah dilakukan sebelumnya.

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. Terdapat 2 jenis tulangan pelat yang digunakan pada penelitian ini yaitu tulangan D6 dan tulangan D10.

4.1.1. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 1 D6

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan pelat tipe 1 D6 di tampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kebutuhan dan Waste Material Tulangan Pelat Tipe 1 D6

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	1,15	324	71,93	31,1	6,89
2	12	131	1,2500	1572	348,98	163,8	36,35
3	12	221	1,275	2652	588,74	281,8	62,55
4	12	11	0,225	132	29,30	2,5	0,55
5	12	3	0,175	36	7,99	0,5	0,12
6	12	20	0,2	240	53,28	4,0	0,89
7	12	8	0,25	96	21,31	2,0	0,44
8	12	3	0,275	36	7,99	0,8	0,18
9	12	19	0,65	228	50,62	12,4	2,74
10	12	5	0,675	60	13,32	3,4	0,75
11	12	58	0,925	696	154,51	53,7	11,91
12	12	42	0,975	504	111,89	41,0	9,09
13	12	2	0,1	24	5,33	0,2	0,04
14	12	9	0,125	108	23,98	1,1	0,25
15	12	21	1,95	252	55,94	41,0	9,09
16	12	33	1,075	396	87,91	35,5	7,88
17	12	47	1,125	564	125,21	52,9	11,74
18	12	1	1,2	12	2,66	1,2	0,27
19	12	603	5,475	7236	1606,39	3301,4	732,92
20	12	415	5,5	4980	1105,56	2282,5	506,72
21	12	122	0,9	1464	325,01	109,8	24,38
22	12	210	0,95	2520	559,44	199,5	44,29
Total		2011		24132	5357,30	6621,8	1470,03

4.1.2. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 1 D10

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan pelat tipe 1 D10 di tampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kebutuhan dan Waste Material Tulangan Pelat Tipe 1 D10

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	2793	0	33516	20662,61	0,0	0,00
2	12	233	0,05	2796	1723,73	11,7	7,18
3	12	361	0,1	4332	2670,68	36,1	22,26
4	12	124	0,125	1488	917,35	15,5	9,56
5	12	81	0,075	972	599,24	6,1	3,75
6	12	47	0,15	564	347,71	7,1	4,35
7	12	40	0,2	480	295,92	8,0	4,93
8	12	297	0,025	3564	2197,21	7,4	4,58
9	12	2	0,175	24	14,80	0,4	0,22
10	12	1	0,25	12	7,40	0,3	0,15

Tabel 2. (Lanjutan)

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
11	12	1	0,6	12	7,40	0,6	0,37
12	12	1	4,35	12	7,40	4,4	2,68
Total		3981		47772	29451,44	97,4	60,02

4.1.3. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 2 D6

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan pelat tipe 2 D6 di tampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kebutuhan dan Waste Material Tulangan Pelat Tipe 2 D6

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	959	0	11508	2554,78	0,0	0,00
2	12	124	0,025	1488	330,34	3,1	0,69
3	12	14	0,15	168	37,30	2,1	0,47
4	12	28	0,075	336	74,59	2,1	0,47
5	12	2	0,3	24	5,33	0,6	0,13
6	12	76	0,225	912	202,46	17,1	3,80
7	12	38	0,2	456	101,23	7,6	1,69
8	12	15	0,175	180	39,96	2,6	0,58
9	12	12	0,25	144	31,97	3,0	0,67
10	12	17	0,05	204	45,29	0,9	0,19
11	12	24	0,4	288	63,94	9,6	2,13
12	12	1	0,425	12	2,66	0,4	0,09
13	12	24	0,45	288	63,94	10,8	2,40
14	12	14	0,5	168	37,30	7,0	1,55
15	12	22	0,525	264	58,61	11,6	2,56
16	12	1	0,575	12	2,66	0,6	0,13
17	12	37	0,625	444	98,57	23,1	5,13
18	12	5	0,975	60	13,32	4,9	1,08
19	12	2	1,75	24	5,33	3,5	0,78
20	12	1	2,05	12	2,66	2,1	0,46
21	12	77	5,65	924	205,13	435,1	96,58
22	12	24	0,55	288	63,94	13,2	2,93
Total		1517		18204	4041,29	560,8	124,50

4.1.4. Waste Tulangan Utama Pelat Tipe 2 D10

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan pelat tipe 2 D10 di tampilkan pada Tabel 4 di halaman 8.

Tabel 4. Kebutuhan dan Waste Material Tulangan Pelat Tipe 2 D10

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	2414	0	28968	17858,77	0,00	0,00
2	12	220	0,125	2640	1627,56	27,50	16,95
3	12	1	0,25	12	7,40	0,25	0,15
4	12	64	0,225	768	473,47	14,40	8,88
5	12	30	0,175	360	221,94	5,25	3,24
6	12	6	1,275	72	44,39	7,65	4,72
7	12	21	0,575	252	155,36	12,08	7,44
8	12	13	0,55	156	96,17	7,15	4,41
9	12	8	0,45	96	59,18	3,60	2,22
10	12	10	0,3	120	73,98	3,00	1,85
11	12	66	0,15	792	488,27	9,90	6,10
12	12	78	0,2	936	577,04	15,60	9,62
13	12	62	0,075	744	458,68	4,65	2,87
14	12	91	0,05	1092	673,22	4,55	2,81
15	12	121	0,1	1452	895,16	12,10	7,46
16	12	31	0,4	372	229,34	12,40	7,64
17	12	56	0,025	672	414,29	1,40	0,86
18	12	7	0,275	84	51,79	1,93	1,19
19	12	24	0,525	288	177,55	12,60	7,77
20	12	1	0,775	12	7,40	0,78	0,48
21	12	1	0,125	12	7,40	0,13	0,08
22	12	1	1,325	12	7,40	1,33	0,82
23	12	1	0,175	12	7,40	0,18	0,11
24	12	7	1,25	84	51,79	8,75	5,39
25	12	1	0,425	12	7,40	0,43	0,26
26	12	1	7,875	12	7,40	7,88	4,85
27	12	1	1,425	12	7,40	1,43	0,88
28	12	1	1,775	12	7,40	1,78	1,09
29	12	1	1,55	12	7,40	1,55	0,96
30	12	12	1	144	88,78	12,00	7,40
Total		3350		40200	24783,30	192,20	118,41

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.

$$\text{Waste level} = \boxed{} \times 100 \%$$

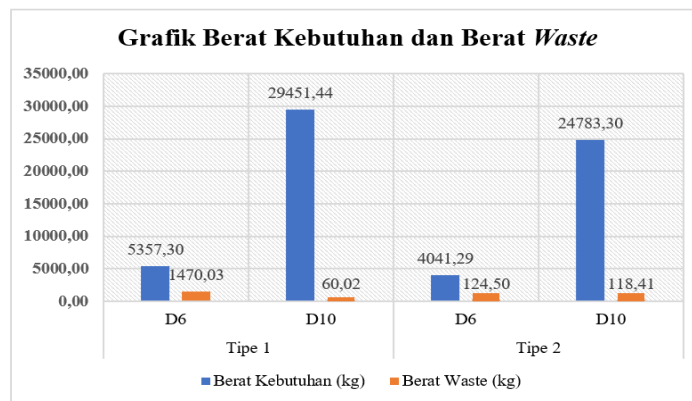
Perhitungan *waste level* disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. *Waste Level* Tulangan Pelat Tipe 1 dan Tipe 2

Tulangan		Berat Kebutuhan (kg)	Berat Waste (kg)	Waste Level
Tipe 1	D6	5357,30	1470,03	27,44%
	D10	29451,44	60,02	0,20%
Tipe 2	D6	4041,29	124,50	3,08%
	D10	24783,30	118,41	0,48%

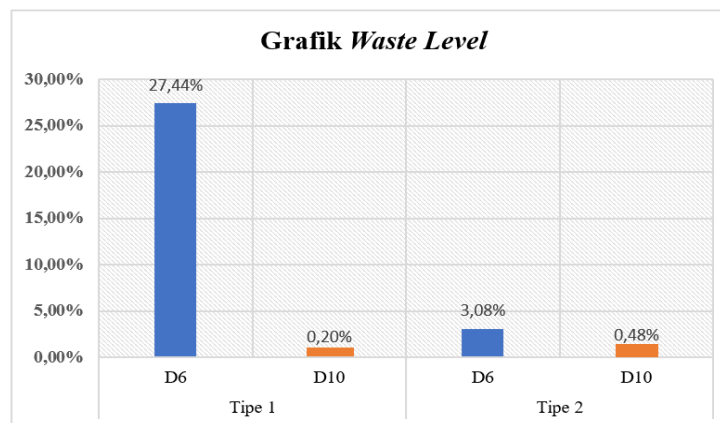
4.3. Pembahasan

Dari hasil analisis *waste material* tulangan pelat menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) pada proyek pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan diperoleh data bahwa total berat kebutuhan baja tulangan pelat tipe 1 D6 sebesar 5357,3 kg dan D10 sebesar 29451,44 kg juga total berat *waste* baja tulangan pelat tipe 1 D6 sebesar 1470,03 kg dan D10 sebesar 60,02 kg. Sedangkan untuk total berat kebutuhan baja tulangan pelat tipe 2 D6 sebesar 4041,29 kg dan D10 sebesar 24783,3 kg juga total berat *waste* baja tulangan pelat tipe 2 D6 sebesar 124,5 kg dan D10 sebesar 118,41 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 D6 sebesar 27,44 % dan D10 sebesar 0,20% serta *waste level* tulangan pelat tipe 2 D6 sebesar 3,08% dan D10 sebesar 0,48%. Dapat dilihat pada Gambar 169, 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 D6 lebih kecil 24,36 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Tulangan pelat tipe 1 D10 lebih kecil 0,28 % dibandingkan tulangan pelat tipe 2. Seperti ditampilkan pada Gambar 6 di halaman 10.



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 Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan yaitu sebesar 34808,74 kg untuk tipe 1 dan 28824,59 kg untuk tipe 2. Terdapat selisih sebesar 5984,15 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 17,19 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Jika berdasarkan berat *waste* tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 84,12 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Dan apabila berdasarkan *waste level* tulangan pelat tipe 2 D6 lebih kecil 24,36 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Tulangan pelat tipe 1 D10 lebih kecil 0,28 % dibandingkan tulangan pelat tipe 2.

Penyebab utama terjadinya *waste material* pada proyek pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan kemungkinan besar terjadi karena pola pemotongan yang kurang baik. Dimana sisa potongan baja tulangan banyak yang tercecer dan tidak dimanfaatkan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, M.A. 2012. Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Gedung Bertingkat Rendah di Makassar. *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik*. 6: 1–4.

- Artama, I.P.W. 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
- Asnudin, A. 2010. Pengendalian Sisa Material Konstruksi pada Pembangunan Rumah Tinggal. *Majalah Ilmiah MEKTEK*. 3: 163-164.
- Badan Standardisasi Nasional 2017. SNI 2052: Baja Tulangan Beton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Illingworth, J.R. (1998): *Construction Methods and Planning*. E & FN Spon. London.
- Kirby L., Krygiel E. & Kim, M. 2018. *Mastering Autodesk Revit 2018 for Architecture*. Sybex. United States
- Krisbandono, A., Agustina, V., & Permana, G. P. 2019. *Rekomendasi Percepatan Implementasi Building Information Modeling (BIM) pada Pembangunan Infrastruktur PUPR*. Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.
- Muka, I.W., Widyatmika, M.A. & Antara, I.M.N. 2020. Analisis Perbandingan Waste Besi Tulangan Metode Konvensional dengan Software Cutting Optimazation Pro. *Teknika*, 15(2): 41-49.
- Ritz, George J. 1994. *Total Construction Project Management*. McGrawHill, Inc. New York.
- Udawatta, N., Zuo, J., Chiveralls, K., & Zillante, G. 2015. Improving waste management in construction project. *an Australian study, Resources, Conservation and Recycling*, 101: 73–83.

