

**Implementasi *Building Information Modeling* (BIM)
Dalam Analisis *Waste Material* Tulangan Balok
Pada Gedung Kuliah Umum 2 Institut Teknologi Sumatera**

Daffa Nurvireza ¹⁾

Bayzoni ²⁾

Hasti Riakara Husni ²⁾

Ashruri ²⁾

Abstract

Technological developments are inevitable, including in the construction industry. Innovations aim to speed up scheduling, save costs, and reduce material wastage. Carrying out building construction without generating material waste is a difficult challenge. Therefore, the concept of Building Information Modeling (BIM) is applied in planning to increase effectiveness and efficiency in material use, to minimize material waste. This research was conducted to evaluate the application of Building Information Modeling (BIM) in optimizing material waste in beam reinforcement. The application of Building Information Modeling (BIM) in this study uses Autodesk Revit software. The research stages include data collection, 3D structural modeling, reinforcement modeling, reinforcement schedule mark input, clash detection, Bar Bending Schedule (BBS) output, cutting list using 1D Cutting Optimization Pro software, and material waste analysis. The results showed the total required weight of 188,655.89 kg with the percentage of waste material in D10 is 0.5%, D13 is 6.46%, D16 is 6.07%, and D19 is 15.09%.

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

Abstrak

Perkembangan teknologi tak terhindarkan, termasuk dalam industri konstruksi. Inovasi bertujuan untuk mempercepat penjadwalan, menghemat biaya, dan mengurangi pemborosan material. Melaksanakan konstruksi bangunan tanpa menghasilkan *waste material* merupakan suatu tantangan yang sulit. Oleh karena itu, konsep *Building Information Modeling* (BIM) diterapkan dalam perencanaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam penggunaan material, dengan tujuan meminimalisir *waste material*. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam optimalisasi *waste material* pada penulangan balok. Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam penelitian ini menggunakan *software* Autodesk Revit. Tahapan penelitian mencakup pengumpulan data, pemodelan struktural 3D, pemodelan tulangan, *input schedule mark* tulangan, *clash detection*, *output Bar Bending Schedule* (BBS), *cutting list* menggunakan *software* 1D Cutting Optimization Pro, dan analisis *waste material*. Hasil penelitian menunjukkan berat total sebesar 188.655,89 kg. Persentase *waste material* pada D10 adalah 0,5%, D13 adalah 6,46%, D16 adalah 6,07%, dan D19 adalah 15,09%.

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

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: daffa.maer17@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

Perkembangan teknologi tidak dapat dihindari, begitu juga dalam bidang konstruksi. Ide dan inovasi baru bermunculan bertujuan untuk mempercepat waktu dalam penjadwalan pekerjaan, menghemat biaya dalam proses pembangunan, dan juga memperkecil kemungkinan *waste* material. Menurut Nelson dan Tamtana (2019), Building Information Modeling (BIM) didefinisikan sebagai suatu proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu bangunan mulai dari perencanaan hingga siklus hidup bangunan.

Dengan pengurangan *waste* material kontraktor dapat menghemat biaya, sehingga dapat meningkatkan keuntungan dan juga mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan. Limbah pengecoran beton, kayu bekas pemakaian *bekisting* yang sudah tidak terpakai, potongan tulangan baja yang berlebihan merupakan contoh dari *waste* material. Menurut Fajar, dkk (2018), Tulangan baja menjadi salah satu *waste* material tertinggi dibandingkan dengan material lainnya, dikarenakan sisa potongan tulangan baja yang tidak bisa dipakai lagi. Sisa potongan tersebut terjadi dikarenakan informasi yang kurang jelas dalam gambar rencana. Dan menurut Hartono, dkk (2016), Pada proyek total harga material besi tulangan paling besar sekitar 30% dari nilai proyek, dengan sekitar 6% akan menjadi sisa material yang tidak bisa dipakai lagi dikarenakan salah pemotongan.

Mengingat bahwa *waste* material adalah masalah yang penting bagi industri konstruksi maka peneliti melakukan analisis *waste* material menggunakan *Building Information Modeling* pada komponen struktur terutama pada struktur balok. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan peninjauan terhadap analisis *waste* material tulangan balok menggunakan *Building Information Modeling* guna mencapai tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan berat total material tulangan balok, mengetahui presentasi *waste* material tulangan balok, serta mengetahui pengaruh penerapan konsep *Building Information Modeling* dalam pengoptimalan *waste* material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Building Information Modeling (BIM)

Konsep *Building Information Modeling* (BIM) dapat memfasilitasi proses desain dan konstruksi yang lebih terintegrasi, menghasilkan bangunan dengan mutu yang lebih baik, biaya yang rendah, dan dapat mengurangi waktu pengerjaan proyek (Eastman et al., 2011).

2.2. Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah *software Building Information Modeling* yang memfasilitasi industri Arsitektur, Rekayasa, dan Konstruksi (AEC) dalam merancang bangunan dan infrastruktur berkualitas tinggi. Revit memungkinkan pemodelan 3D yang akurat dan parametrik, serta menyederhanakan proses dokumentasi melalui revisi instan. Dengan alat khusus dan kolaborasi tim yang terintegrasi, Revit memungkinkan kerja multidisiplin yang efisien (Autodesk, 2022).

2.3. Cutting Optimization Pro

Cutting Optimal Pro adalah perangkat lunak desktop untuk pemotongan besi tulangan dalam konstruksi beton bertulang, dikembangkan oleh Optimal Program SRL (Hidayah dkk., 2023). *Software* ini dirancang khusus untuk membantu perusahaan konstruksi dalam pemotongan besi tulangan, meningkatkan efisiensi konstruksi dengan pola pemotongan yang optimal.

2.4. Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule adalah daftar yang mencatat data tulangan seperti bentuk, diameter, panjang, dan jumlahnya. Data ini digunakan dalam pengadaan material tulangan. Penggunaan *Bar Bending Schedule* meningkatkan efisiensi penulangan baja dan mengurangi limbah (Kork dkk., 2013).

2.5. Waste Material

Waste material konstruksi adalah bahan-bahan yang tidak lagi digunakan yang dihasilkan selama proses konstruksi. Limbah konstruksi mengacu pada material yang dibuang, baik dalam bentuk padat, cair, semi-padat, atau berisi material gas, yang merupakan hasil dari kegiatan konstruksi (Gunawan dkk., 2017).

2.6. Baja Tulangan

Baja tulangan didefinisikan oleh Badan Standardisasi Nasional (2017), dalam SNI 2052:2017 adalah batang besi baja dengan penampang berbentuk lingkaran dan permukaannya terdapat 2 jenis yaitu polos dan berulir, yang berfungsi untuk penguat dalam konstruksi beton.

2.7. Balok

Balok adalah elemen struktural yang berfungsi sebagai penghubung antara pelat lantai dan kolom, bertugas menyalurkan beban-beban vertikal. Biasanya, balok dicor bersamaan dengan pelat lantai dan diperkuat dengan penulangan di bagian bawah atau kombinasi bagian atas dan bawah. Balok mengalami dua gaya utama, yaitu tekanan dan tarikan, yang disebabkan oleh pengaruh momen lentur dan gaya lateral (Wahyudi L dan Rahim, 1999). Balok merupakan komponen struktural yang menerima gaya-gaya yang bekerja secara lateral terhadap sumbunya, menyebabkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang panjangnya (Dipohusodo, 1994).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah Gedung Kuliah Umum 2 Institut Teknologi Sumatera yang berlokasi di Jalan Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365, Indonesia. Berkoordinat pada 5°36'04.1"S 105°31'81.6"E. Denah lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



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 Kuliah Umum 2 Institut Teknologi Sumatera. Data ini didapatkan dari perusahaan kontraktor pelaksana, yaitu PT. Brantas Abipraya (Persero).

3.3. Software Pendukung Penelitian

Software yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu Autodesk Revit dan Cutting Optimazion Pro. Untuk mengeluarkan *Quantity Take Off* (QTO) dan *Bar Bending Schedule* (BBS), *software* yang digunakan adalah Autodesk Revit. Sedangkan untuk pola pemotongan tulangan baja yang optimal digunakan *software* 1D Cutting Optimazion Pro.

3.4. Metode Penelitian

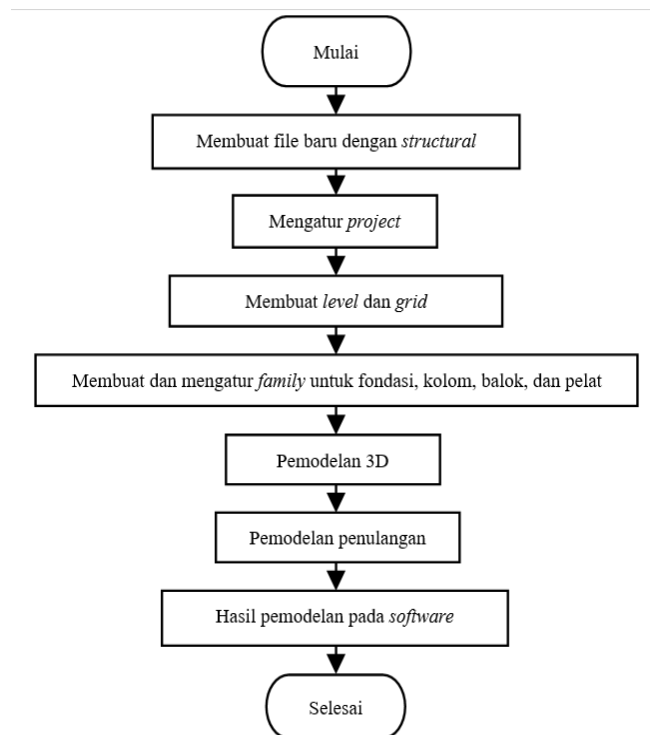
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif eksperimental murni. Metode kuantitatif merupakan penelitian yang dalam pengolahan dan pembahasan hasil analisis data menggunakan angka. Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan pemotongan tulangan, serta 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 dibutuhkan dalam penelitian ini adalah gambar rencana Gedung Kuliah Umum 2 Institut Teknologi Sumatera. 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 *bore pile*, *pile cap*, *tie beam*, kolom, balok, pelat, dan rangka baja. Diagram alir pemodelan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram alir pemodelan.

3.4.3. Tahap Analisis

Analisis data dilakukan dengan menggunakan perspektif dan sudut pandang peneliti terhadap topik yang spesifik atau dalam rangka memecahkan permasalahan yang sedang dihadapi. Tulangan balok akan dievaluasi, kemudian dilakukan perhitungan *waste* material.

Length	Material	Quantity	Label	Waste	Graphic: 1D
12000	D16	32	1590		4280 4280 1850 1590
12000	D16	48	90		4280 4280 3350 90
12000	D16	422	50		4350 3800 3800 50
12000	D16	128	10		4350 3840 3800 10
12000	D16	616	20		4350 4280 3350 20
12000	D16	401	300		4350 4350 3000 300
12000	D16	486	100		4450 4450 3000 100
12000	D16	64	870		4640 4640 1850 870
12000	D16	864	1440		5280 5280 1440
12000	D16	120	780		5610 5610 780
12000	D16	240	180		6540 5280 180
12000	D16	112	310		8340 3350 310
12000	D16	85	190		8810 3000 190
12000	D16	96	130		10240 1630 130
12000	D16	536	1160		10840 1160
12000	D16	27	3190		8810 3190
12000	D16	440	1760		10240 1760

Gambar 6. Cutting list tulangan balok D16.

Length	Material	Quantity	Label	Waste	Graphic: 1D
12000	D19	536	1160		10840 1160
12000	D19	536	1760		10240 1760
12000	D19	112	3190		8810 3190
12000	D19	112	3660		8340 3660

Gambar 7. Cutting list tulangan balok D19.

4.2. Analisis Waste Material

Pada penelitian ini, waste material dari tulangan balok 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 4 jenis tulangan balok yang digunakan pada penelitian ini yaitu tulangan D10, D13, D16 dan tulangan D19.

4.2.1. Waste Tulangan Balok Besi D10

Perhitungan kebutuhan dan waste material tulangan balok besi D10 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan dan waste material tulangan balok besi D10.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	77	0,04	924	514,14	3,08	1,71
2	12	516	0,06	6192	3445,38	31	17,23
3	12	6650	0,06	79800	44402,73	399	222,01
4	12	1	5,52	12	6,68	5,52	3,07
Total				86928	48368,93	438,56	244,

4.2.2. Waste Tulangan Balok Besi D13

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D13 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D13

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	90	0,02	1080	1073,97	1,80	1,79
2	12	145	0,32	1740	1730,28	46,4	46,14
3	12	1	0,4	12	11,93	0,48	0,48
4	12	90	0,48	1080	1073,97	72	71,60
5	12	876	0,8	10512	10453,27	700,80	696,88
6	12	260	1,2	3120	3102,57	312	310,26
Total				17544	17445,99	1133,48	1127,15

4.2.3. Waste Tulangan Balok Besi D16

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D16 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D1

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	32	1,59	384	598,53	50,88	79,31
2	12	48	0,09	576	897,79	4,32	6,73
3	12	422	0,05	5064	7893,10	21,10	32,89
4	12	128	0,01	1536	2394,11	1,28	2,00
5	12	616	0,02	7392	11521,68	12,32	19,20
6	12	401	0,3	4812	7500,31	120,30	187,51
7	12	486	0,1	5832	9090,16	48,60	75,75
8	12	64	0,87	768	1197,06	55,68	86,79
9	12	864	1,44	10368	16160,28	1244,16	1939,23
10	12	120	0,78	1440	2244,48	93,60	145,89
11	12	240	0,18	2880	4488,97	43,20	67,33
12	12	112	0,31	1344	2094,85	34,72	54,12
13	12	85	0,19	1020	1589,84	16,15	25,17
14	12	96	0,13	1152	1795,59	12,48	19,45
15	12	536	1,52	6432	10025,36	814,72	1269,88
16	12	27	3,19	324	505,01	86,13	134,25
17	12	440	1,76	5280	8229,77	774,40	1207,03
Total				56604	88226,88	3434,04	5352,53

4.2.4. Waste Tulangan Balok Besi D19

Perhitungan kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D19 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan dan *waste* material tulangan balok besi D19.

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Waste per Batang (m)	Kebutuhan		Waste	
				Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
1	12	536	1,16	6432	14315,71	621,76	1398,46
2	12	536	1,76	6432	14315,71	943,36	2099,64
3	12	112	3,19	1344	2991,34	357,28	803,59
4	12	112	3,66	1344	2991,34	409,92	921,99
Total				15552	34614,10	2332,32	5223,67

4.3. 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.

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

Waste kumulatif dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Waste kumulatif} = \frac{\text{Berat waste}}{\text{Berat keseluruhan kebutuhan}} \times 100 \quad \% \quad (2)$$

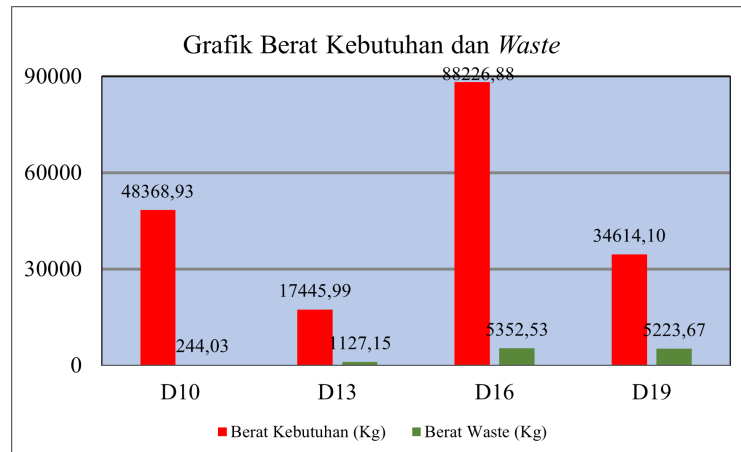
Perhitungan *waste level* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Waste level* tulangan balok.

Tulangan	Berat Kebutuhan (kg)	Berat Waste (kg)	Waste Level (%)	Waste kumulatif (%)
D10	48368,93	244,03	0,50	0,13
D13	17445,99	1127,15	6,46	0,60
D16	88226,88	5352,53	6,07	2,84
D19	34614,10	5223,67	15,09	2,77
Total	188655,89	11947,38	6,33	6,33

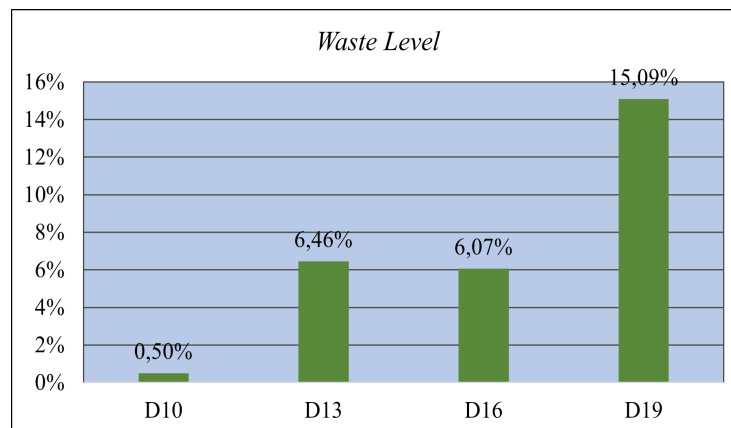
4.4. Pembahasan

Dari hasil penelitian implementasi BIM dalam analisis *waste* material tulangan pada Gedung Kuliah Umum 2 Institut Teknologi Sumatera didapat kebutuhan tulangan D10 sebesar 48368,93 kg, D13 sebesar 17445,99 kg, D16 sebesar 88226,88 kg, dan D19 34614,1 kg. Sementara untuk berat *waste* tulangan D10 sebesar 417,06 kg, D13 sebesar 1127,15 kg, D16 sebesar 5352,53 kg, dan D19 sebesar 5223,67 kg. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan *waste* tulangan balok dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat waste tulangan balok.

Dan didapat perhitungan *waste level* tulangan D10 sebesar 0,5 %, D13 sebesar 6,46%, D16 sebesar 6,07%, dan D19 15,09%. Grafik perbandingan *waste level* tulangan balok dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan *waste level* tulangan balok.

V. SIMPULAN

Analisis *waste* material tulangan balok berdasarkan perhitungan pada *Bar Bending Schedule* (BBS) dan *cutting list* yang menghasilkan *output* berupa berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan hasil penelitian berat kebutuhan tulangan balok sebesar 188655,89 kg dan berat *waste* tulangan balok sebesar 11947,38 kg. *Waste level* tulangan balok paling besar pada besi D19 sebesar 15,09 % dengan berat 5223,67 kg dan paling kecil besi D10 sebesar 0,5% dengan berat sebesar 244,03 kg. Total *waste level* tulangan balok adalah 6,33 %.

Pemodelan struktur menggunakan *software* Autodesk Revit meliputi pondasi, balok, kolom, pelat, rangka baja, 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.

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam optimasi *waste* material dapat mengontrol material, dan dapat mengurangi jumlah *waste* material yang dihasilkan dari proses pemotongan jika dibandingkan dengan perhitungan manual. Penggunaan *software* Autodesk Revit mampu menghasilkan *output* berupa *Bar Bending Schedule* (BBS) yang dapat diolah dengan pengaplikasian *software* 1D Cutting Optimization Pro sehingga dapat membuat pola potongan atau *cutting list* dapat dihasilkan dalam waktu yang lebih cepat dan efisien serta menghasilkan pola pemotongan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Autodesk. 2022. *Revit: BIM software for designers, builders, and doers, Revit: BIM software for designers, builders, and doers*. Available at: <https://www.autodesk.com>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Baja Tulangan Beton. Sni 2052-2017*, 13.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Eastman, C. et al. 2011. *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modeling 2nd ed.* Second Edi, John Wiley & Sons Inc. Hoboken. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- Fajar, S., Puspasari, V. H., & Waluyo, R. 2019. Evaluasi dan analisa sisa material konstruksi. *Jurnal Teknik* 2(1), 125–135. <https://doi.org/10.52868/jt.v2i2.1301>
- Gunawan, J. A., Christian, D., & Alifen, R. S. 2017. Analisis Faktor Penyebab, Usaha Minimalisasi Dan Program Perhitungan Sisa Material Dinding. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik* 6(2). 104–112.
- Hartono, W., Sugiyarto., & Baskoro, S. 2016. Analisis Dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Pembangunan Gedung Kantor Dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan (Studi Kasus Gedung Kelurahan Dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 4 (1), 263–270. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v4i1.37138>
- Hidayah, F. N., Rafie, & Nuh, S. M. 2023. Comparative Analysis of Direct Waste Using Cutting Optimization Pro Software and The Cost of The Using Conventional Reinforcement and Wire-Mesh in Task of Floor Plate (Case Study: Project of Kantor and Depo PT. Gudang Garam). *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 103–111. <http://dx.doi.org/10.23428/jtsft.v23i1.61193>
- Kork, M., Hartono, W., & Sugiyarto. 2013. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 1 (3), 290-295. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v1i3.37533>
- Wahyudi, L. Rahim, Syahril A. 1999. *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.