



Perhitungan Waste Material Pada Proyek Pembangunan Gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar¹

Calculation of Waste Material In The ICU Building Construction Project Waluyo Blitar Hospital

Bintang Ardi Rinengga^a, Anita Trisiana^{b,2}, Wiwik Yunarni Widiarti^b

^a Mahasiswa Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37 Jember.

^b Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37 Jember.

ABSTRAK

Waste material dapat memberikan dampak buruk pada proyek pembangunan gedung, terutama pada sektor biaya yang dianggarkan. Penggunaan *software BIM* dapat membantu dalam perhitungan dan optimalisasi pada pekerjaan penulangan sehingga tidak terjadi *waste material* yang berlebih. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan bangunan dengan *Software Revit*. Output yang dicapai dalam pengolahan data ini adalah *Quantity Take Off*. Perhitungan *waste material* pada tulangan besi dalam penelitian menggunakan program bantu *software microsoft excel* dengan tujuan untuk mengetahui jumlah los besi yang dibutuhkan dan kombinasi pemotongan dalam satu los besi. Pemodelan struktur menggunakan *BIM Revit* bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur dalam visualisasi 3D. Visualisasi ini mempermudah dalam pemodelan tulangan, tekukan, dan sambungan besi. Dari hasil pemodelan didapatkan *quantity take off*. Dari hasil *quantity take off Revit*, maka akan didapatkan *bar length* yang digunakan sebagai pola pemotongan los besi 12 meter. Selanjutnya dilakukan analisa *waste level* dan *waste cost*. Pada konstruksi di gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar volume *waste material* pada pekerjaan pembesian sebesar 3.058,57 meter dengan total beratnya adalah 1.954,88 kg dengan nilai *waste cost* sebesar Rp 18.888.958. Adapun *waste level* pada besi Ø6 sebesar 2,72%, D8 sebesar 0,48%, D10 sebesar 0,04%, D13 sebesar 4,43%, D16 sebesar 0,35%, D19 sebesar 1,08%.

Kata kunci: Waste material, BIM, quantity take off, waste level dan waste cost.

ABSTRACT

Material waste can have a negative impact on building construction projects, especially in the budgeted cost sector. The use of BIM software can help in calculating and optimizing reinforcement work so that excessive material waste does not occur. In this research, building modeling was carried out using Revit software. The output achieved in processing this data is quantity take-off. The calculation of remaining rebar material in this research uses the Microsoft Excel software program with the aim of finding out the number of rebar mills needed and the combination of cuts in one rebar mill. Structural modeling using BIM Revit aims to determine the shape of the structure in 3D visualization. This visualization makes it easier to model reinforcement, bends, and iron connections. From the modeling results, the take-off amount is obtained. From the results of the Revit take-off quantity, the length of the rod used as a pattern for cutting steel rods 12 meters long is obtained. Next, an analysis of the level of waste and waste costs is carried out. In the construction of the ICU building at Ngudi Waluyo Blitar Regional Hospital, the volume of material for strengthening work was 3,058.57 meters with a total weight of 1,954.88 kg and a waste cost value of IDR 18,888,958. The residual iron content of Ø6 was 2.72%, D8 was 0.48%, D10 was 0.04%, D13 was 4.43%, D16 was 0.35%, and D19 was 1.08%.

Keywords: Waste material, BIM, quantity take off, waste level and waste cost.

¹ Info Artikel: Received: 28 Januari 2024, Accepted: 21 Juni 2024

² Corresponding Author: Anita Trisiana, anita.teknikunej@gmail.com

PENDAHULUAN

Menurut Nurfadillah (2020) *waste material* adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan, tetapi tidak menambah nilai suatu pekerjaan. *Waste material* pada proyek konstruksi menunjukkan angka yang cukup besar, dari penelitian Netherlands mengindikasikan bahwa 9% dari total pembelian material itu menjadi *waste*, dan 1-10% dari pengadaan material berakhir menjadi *waste* di lokasi proyek (Hamkah & Hadi Purwanto, 2019). Faktor penyebab terjadinya *waste material* adalah kesalahan dalam perhitungan volume, penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, kerusakan material pada saat mobilisasi maupun saat pengerjaan, dan revisi desain. Di Malaysia, *waste material* langsung dibawa ke pembuangan sampah adalah pendekatan yang paling umum dilakukan untuk mengelola limbah konstruksi. Cara ini dipilih di kalangan kontraktor Malaysia karena limbah besi diasumsikan memiliki nilai yang sedikit. Namun, praktik tersebut tidak lagi berlaku untuk jangka panjang karena industri konstruksi telah menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan peningkatan limbah konstruksi dari tahun ke tahun yang akan semakin meningkat yang menyebabkan meluapnya tempat pembuangan sampah (Fikri Hasmori et al., 2020). Menurut Luangcharoenrat et al. (2019) pengurangan limbah konstruksi akan memberikan banyak manfaat, termasuk sumber daya alam konservasi dan pengurangan penggunaan bahan untuk memproduksi bahan konstruksi, pengurangan biaya dari pengurangan jumlah bahan konstruksi, dan pengurangan biaya pembuangan limbah.

Waste material adalah bahan yang tidak dapat digunakan kembali dalam proyek dan tidak termasuk dalam struktur bangunan. Dampak dari *waste material* adalah *inefisiensi* penggunaan material proyek dan meningkatnya limbah material pada sekitar area proyek (Benshlomo, 2023). *Waste material* dibedakan menjadi 2 yaitu *direct waste* dan *indirect waste*. Material berpengaruh terhadap nilai anggaran biaya yang secara tidak langsung mempunyai peranan penting dalam keberhasilan proyek. Penggunaan material yang tepat pada konstruksi maka sisa material yang digunakan akan sedikit. Sebaliknya, apabila material tidak dikelola secara sistematis maka akan menciptakan sisa material yang banyak. Usaha-usaha tersebut membantu untuk meminimalisir sisa material dan mengurangi dampak negatif yang terjadi terhadap lingkungan (Rahmawati et al., 2021). Menurut (Asnudin, 2010) *direct waste* adalah *waste material* yang timbul karena rusak sehingga tidak dapat digunakan sesuai fungsinya akibat *transport waste*, *conversion waste* dan *wrong use waste*. Sedangkan, *indirect waste* adalah penggunaan material yang tidak efisien yang berdampak kelebihan pemakaian volume material yang direncanakan dan tidak terjadinya sisa fisik di lapangan.

Salah satu material yang berdampak penting dalam konstruksi adalah besi tulangan yang dibedakan menjadi dua yaitu besi ulir dan besi polos. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2017) besi tulangan ulir adalah besi yang memiliki sirip melintang di permukaannya. Sirip tersebut berfungsi sebagai daya cengkram yang menahan gerakan membujur dari besi tulangan secara relatif terhadap beton. Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2019) sambungan tulangan harus memenuhi persyaratan kombinasi beban terfaktor. Pada umumnya, kombinasi akan menentukan desain, tetapi kombinasi tersebut berpengaruh terhadap beban angin atau gempa yang memberikan kondisi tarik pada tulangan. Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2002) sambungan lewatan tulangan ulir harus menggunakan lewatan 48 *ld*.

Menurut Gulghane & Khandve (2015) pada dasarnya, manajemen material berkaitan dengan perencanaan, identifikasi, pengadaan, penyimpanan, penerimaan, dan pendistribusian bahan,

sehingga *waste material* dapat diminimalisir dengan perencanaan yang tepat. Dalam menekan terjadinya *waste*, terutama pada penulangan bisa dilakukan dengan cara manajemen pengelolaan pekerjaan yang baik. Penggunaan *software BIM* dapat membantu dalam perhitungan dan optimalisasi pada pekerjaan penulangan sehingga tidak terjadi *waste material* yang berlebih (Han et al., 2024). BIM atau *Building Information Modelling* adalah suatu teknologi yang mana ada beberapa informasi penting didalamnya, seperti proses *design, construction maintenance* yang terintegritas pada pemodelan 3D (Hendra et al., 2022). Menurut Fakhruddin et al. (2019) BIM atau *Building Information Modelling* adalah salah satu perkembangan teknologi di bidang industri arsitektur, rekayasa, dan konstruksi yang mampu menampilkan informasi berupa visual digital dari fisik dan fungsional dari suatu bangunan. Penerapan konsep BIM dapat menghasilkan *output* yang lebih akurat dan cepat, serta memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan dalam desain dan perhitungan jika dibandingkan dengan metode konvensional (Laily et al., 2021). Putri (2019) menyatakan bahwa *Autodesk Revit* mengumpulkan semua informasi tentang proyek pembangunan sehingga informasi tersebut bisa dikoordinasikan dengan pihak yang bersangkutan pada proyek.

Dengan demikian, perhitungan *waste material* perlu dilakukan sebagai bentuk identifikasi material salah satunya adalah tulangan yang berpotensi menimbulkan *waste* yang menyebabkan kerugian biaya. Pada penelitian ini, material yang dihitung *waste* nya adalah tulangan. Dalam pemotongan tulangan bisa dilakukan optimasi yang memperhatikan keunggulan *software BIM* dengan cara melakukan pemodelan yang menghasilkan konstruksi struktur, termasuk ukuran, panjang dan jumlah besi yang dibutuhkan. Telah dilakukan penelitian tentang *waste material* sebelumnya (Sinipat & Beatrix, 2023) menyatakan pada penelitiannya tentang perhitungan *waste material* menggunakan metode *bar bending schedule* dengan mengelompokkan tulangan secara konvensional. Adapun penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya karena dalam penelitian ini digunakan *software BIM* *revit* sebagai alat dalam pemodelan dan QTO pembesian. Selain itu dilakukan pembuatan *bar bending schedule* sebagai *output* dari pemodelan tulangan pada *software BIM* *revit*. Adapun analisis pola potongan dilakukan menggunakan *software cutting optimization pro* sehingga diketahui *waste natural* yang ditimbulkan pada proyek pembangunan gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar.

Pekerjaan konstruksi di Indonesia sesuai dengan lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Nomor 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Gedung Negara menyatakan bahwa penerapan BIM wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² (dua ribu meter persegi) dan diatas 2 lantai. Terkait dengan hal tersebut maka diterapkan BIM pada penelitian ini.

Menurut Gulghane & Khandve (2015), manajemen material mencakup perencanaan, identifikasi, pengadaan, penyimpanan, penerimaan, dan pendistribusian bahan untuk meminimalisir *waste material* melalui perencanaan yang tepat. Untuk menekan terjadinya *waste*, terutama pada penulangan, diperlukan manajemen pengelolaan pekerjaan yang baik. Penggunaan *software BIM* dapat membantu dalam perhitungan dan optimalisasi pekerjaan penulangan, sehingga tidak terjadi *waste material* yang berlebihan (Han et al., 2024). BIM adalah teknologi yang mengintegrasikan informasi penting seperti proses desain, konstruksi, dan pemeliharaan dalam pemodelan 3D (Hendra et al., 2022). Fakhruddin et al. (2019) menjelaskan bahwa BIM adalah perkembangan teknologi di bidang arsitektur, rekayasa, dan konstruksi yang menampilkan informasi visual digital dari fisik dan fungsional bangunan. Penerapan konsep BIM menghasilkan *output* yang lebih akurat dan cepat, serta mengurangi

kemungkinan kesalahan dalam desain dan perhitungan dibandingkan metode konvensional (Laily et al., 2021). Putri (2019) menyatakan bahwa Autodesk Revit mengumpulkan semua informasi proyek pembangunan sehingga informasi tersebut dapat dikoordinasikan dengan pihak terkait proyek.

Penelitian ini berfokus pada perhitungan *waste* material sebagai bentuk identifikasi material yang berpotensi menimbulkan *waste* dan menyebabkan kerugian biaya, dengan fokus khusus pada tulangan. Dalam penelitian ini, *waste* material pada tulangan dihitung dan dioptimalkan menggunakan keunggulan *software* BIM melalui pemodelan yang menghasilkan konstruksi struktur, termasuk ukuran, panjang, dan jumlah besi yang dibutuhkan. Sinipat & Beatrix (2023) telah meneliti *waste* material menggunakan metode *bar bending schedule* dengan pengelompokan tulangan secara konvensional. Penelitian ini menunjukkan *novelty* dengan menggunakan *software* BIM Revit sebagai alat dalam pemodelan dan QTO pembesian, menghasilkan *bar bending schedule* sebagai *output* dari pemodelan tulangan, dan menganalisis pola potongan menggunakan *software* Cutting Optimization Pro. Pendekatan ini memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien dalam mengurangi *waste* material pada proyek pembangunan gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar dibandingkan metode konvensional, sehingga berkontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi.

METODE PENELITIAN

Data Proyek yang Ditinjau

Berikut adalah gambaran umum dari proyek pembangunan gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar :

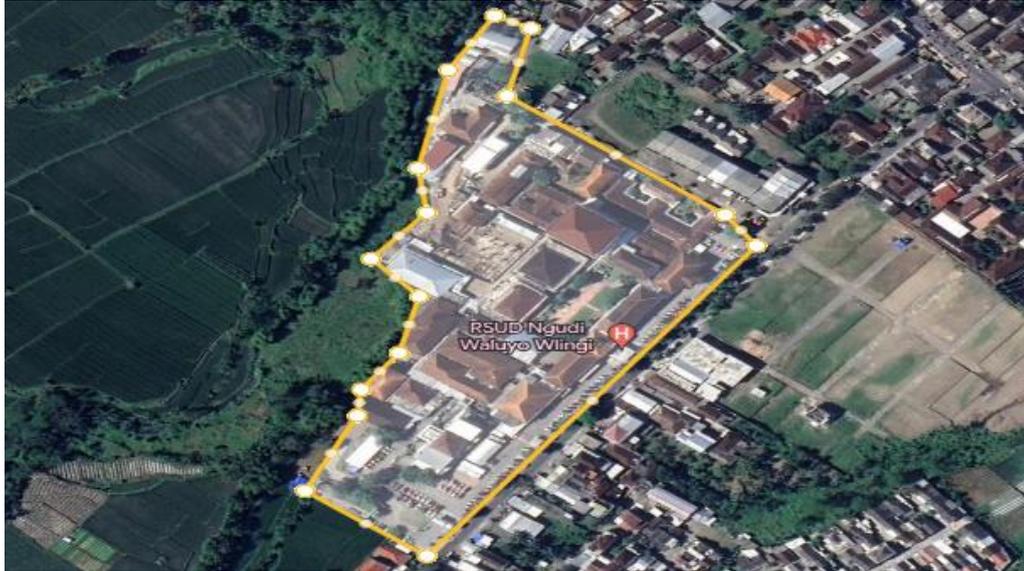
1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung ICU RSUD Ngudi Waluyo
2. Jenis Bangunan : Rumah Sakit
3. Jumlah Lantai : 4 Lantai
4. Nilai Kontrak : Rp. 27.580.700.000,-
5. Luas Total Bangunan : 2.189,225 m²

Sumber Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini diperoleh data primer dan data sekunder. Untuk data primer yaitu wawancara di lapangan yang mencakup tentang pola sambungan dan pola tekukan, serta maksimal *waste level*. Untuk data sekunder mencakup: *shop drawing*, rencana anggaran biaya, dan *bill of quantity*.

Lokasi Penelitian

Berikut adalah gambaran umum dari proyek pembangunan gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar:



Gambar 1 Lokasi Penelitian
Sumber : *Google Earth* (2023)

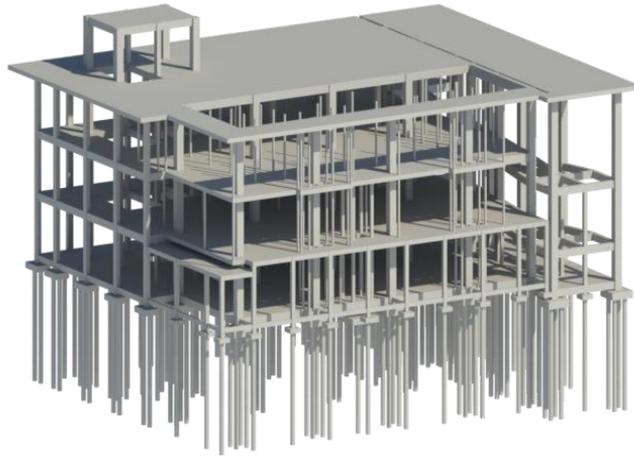
Konsep Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pemodelan struktur bangunan dengan *software Revit*. Untuk *output* yang dicapai dalam pengolahan data ini adalah *Quantity Take Off*. Setelah *Quantity Take Off* didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan *waste material* pada tulangan besi menggunakan program bantu *software microsoft excel* dengan tujuan untuk mengetahui jumlah los besi yang dibutuhkan dan kombinasi pemotongan dalam satu los besi yang menghasilkan *waste material* paling sedikit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan BIM Revit bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur dalam visualisasi 3D. Visualisasi ini mempermudah dalam pemodelan tulangan, tekukan, dan sambungan besi pada setiap elemen struktur yang menghasilkan optimalnya dalam penggunaan material besi.

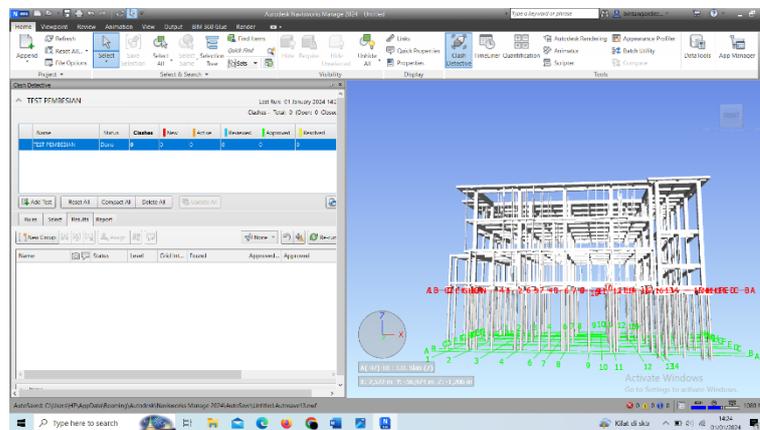


Gambar 2 Pemodelan Revit

Gambar 2 menunjukkan hasil pemodelan struktur menggunakan BIM Revit. Adapun *output* yang dihasilkan yaitu *quantity take off* pembesian.

Clash Detection

Setelah dilakukan pemodelan menggunakan BIM Revit, maka dilakukan pengecekan *clash detection* yang bertujuan untuk mengetahui terjadinya tabrakan antar komponen bangunan. Apabila terjadi *clash* pada pemodelan dan sudah sesuai gambar *shop drawing* maka perlu dilakukan perbaikan *shop drawing*.



Gambar 3 Clash Detection

Pada Gambar 3 tidak terdeteksi *clash* pada komponen pembesian dengan batas toleransi yang digunakan sebesar 4 mm.

QTO (Quantity Take Off)

Quantity take off bertujuan untuk menampilkan volume pekerjaan pembesian. Volume tersebut didapatkan dari hasil pemodelan dengan menggunakan Revit. Dari hasil *quantity take off* didapatkan total volume pembesian. Berikut adalah contoh hasil *quantity take off* dari pemodelan BIM Revit.

Tabel 1 *Quantity Take Off*

Diameter Besi	Panjang Besi (m)	Berat Besi (kg)
Ø6	1.972,91	434,04
D8	146.986,37	29.655,99
D10	24.099,44	14.941,65
D13	17.421,45	18.118,31
D16	12.603,99	19.914,31
D19	11.633,28	25.942,21
Total		109.006,51

Dari hasil Tabel 1 didapatkan volume besi dan total panjang kebutuhan besi yang digunakan. Besi polos 6 mm dengan jumlah 434,04 kg, besi ulir 8 mm dengan jumlah 29.655,99 kg, besi ulir 10 mm dengan jumlah 14.941,65 kg, besi ulir 13 dengan jumlah 18.118,31 kg, besi ulir 16 dengan jumlah 19.914,31 kg, dan besi ulir 19 mm dengan jumlah 25.942,21 kg.

Bar Bending Schedule

Dari hasil *quantity take off* Revit, maka akan didapatkan *bar length* yang selanjutnya dilakukan untuk pembuatan *bar bending schedule*. *Bar bending schedule* menyajikan data berupa bending detail, diameter panjang besi, dan jumlah kuantitas yang dibutuhkan.

DIAMETER BESI	RENCANA / SKET	A	B	C	D	E	F	G	H	JUMLAH BESI	TOTAL PANJANG	BERAT BESI / M	BERAT BESI	BERAT BESI
TIE POKOK Ø 19		4,00 m	0,12 m	0,91 m						5,08 m	432,00 m	2,09251 kg/m	402,00 kg	
BESI LAMPAPAN Ø 19 100		0,00 m	0,45 m	0,90 m		1,92 m	28,80 m	0,6177 kg/m	916,91 kg					

Gambar 4 *Bar Bending Schedule*

Gambar 4 adalah contoh *Bar Bending Schedule*. Didapatkan volume kebutuhan besi dari diameter besi yang digunakan, panjang tulangan dan kuantitas yang dibutuhkan. Berikut rekapitulasi volume pembesian dari hasil *bar bending schedule* dan *quantity take off* dari pemodelan *Revit*.

Tabel 2 Rekapitulasi BBS dan QTO

Diameter Besi	Quantity Take Off (kg)	Bar Bending Schedule (kg)
Ø6	434,04	464,39
D8	29.655,99	29.713,62
D10	14.941,65	14.970,32
D13	18.118,31	18.386,75

Diameter Besi	Quantity Take Off (kg)	Bar Bending Schedule (kg)
D16	19.914,31	20.057,26
D19	25.942,21	26.051,44

Pada Tabel 2 terdapat perbedaan volume pembesian. Adapun selisihnya untuk besi Ø6 sebesar 30.35 kg, untuk D8 sebesar 57.63 kg, untuk D10 sebesar 28.67 kg, untuk D13 sebesar 268.44 kg, untuk D16 sebesar 142.94 kg, dan untuk D19 sebesar 109.23 kg. Selisih antara *quantity take off* dan *bar bending schedule* disebabkan karena ada pola tekukan dan sambungan pada bar bending schedule sehingga mengakibatkan adanya perbedaan volume.

Analisa Waste Material

Dari hasil *quantity take off Revit*, maka akan didapatkan *bar length* yang digunakan sebagai pola pemotongan los besi 12 meter. Selanjutnya dilakukan pola pemotongan untuk mendapatkan kuantitas dari pola potongan besi setiap 12 meter dan total kebutuhan los besi.

Tabel 3 Kebutuhan Los Besi

Diameter Besi	Panjang Besi (m)	Panjang waste (m)	Total (m)	Total (kg)	Total (los besi)
Ø6	1.972,91	55,09	2.028	446,16	169
D8	80.151,32	380,68	80.532	29.796,84	6.711
D10	24.099,44	8,56	24.108	14.946,96	2.009
D13	17.421,45	806,55	18.228	18.957,12	1.519
D16	12.603,99	44,01	12.648	19.983,84	1.054
D19	11.633,28	126,72	11.760	26.224,80	980
Total			217.776	135.690,36	12.442

Dari Tabel 3 didapatkan kebutuhan los besi polos 6mm sebanyak 169 batang, besi ulir 8 mm 6.711 batang, besi ulir 10mm 2.009 batang, besi ulir 13 mm 1.519 batang, besi ulir 16 mm 1.054 batang dan besi ulir 19 mm 980 batang.

Analisa Waste Level

Dari hasil kebutuhan los besi pada pemodelan *Revit* berdasarkan gambar *shop drawing* didapatkan volume *waste material* besi pada Tabel 3. Selanjutnya dilakukan analisis *waste level* untuk mengetahui persentase *waste* sehingga bisa mengetahui persentase penggunaan besi yang menghasilkan *waste* terbesar. Berdasarkan wawancara di lapangan, diketahui bahwa maksimum *waste* pembesian sebesar 5% untuk proyek pembangunan gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar.

Tabel 4 Waste Level

Diameter Besi	Persentase Digunakan (%)	Persentase Waste (%)	Total (%)
Ø6	97,28	2,72	100
D8	99,52	0,48	100
D10	99,96	0,04	100
D13	95,57	4,43	100

Diameter Besi	Persentase Digunakan (%)	Persentase Waste (%)	Total (%)
D16	99,65	0,35	100
D19	98,92	1,08	100
Rata-rata	98,48	1,52	100

Dari Tabel 4 didapatkan *waste level* Ø6 sebesar 2,72%, D8 sebesar 0,48%, D10 sebesar 0,04%, D13 sebesar 4,43%, D16 0,35%, dan D19 sebesar 1,08%. Persentase pada Tabel 4 menunjukkan persentase material besi yang tidak bisa digunakan.

Analisa Waste Cost

Waste cost dihitung untuk mengetahui biaya akibat dari *waste* yang terjadi. Adapun perhitungan *waste* dirumuskan dengan mengalikan total *waste* material dengan analisis harga satuan pekerjaan daerah Blitar.

Tabel 5 *Waste Cost*

Diameter Besi	Panjang Besi (m)	Panjang Waste (m)	Berat waste Besi (kg)	Biaya Akibat Waste
Ø6	1.972,91	55,09	12,12	Rp 169.690
D8	80.151.32	380,68	140,85	Rp 1.971.912
D10	24.099,44	8,56	5,31	Rp 74.327
D13	17.421,45	806,55	838,81	Rp 11.743.324
D16	12.603,99	44,01	69,53	Rp 973.413
D19	11.633,28	126,72	282,59	Rp 3.956.292
Total				Rp 18.888.958

Dari Tabel 5 didapat *waste cost* sebesar Rp 18.888.958,00. Pada besi polos 6 mm sebesar Rp 169.690,00, besi ulir 8 mm sebesar Rp 1.971.912,00, besi ulir 10 mm sebesar Rp 74.327,00 besi ulir 13 mm sebesar Rp 11.743.324,00, besi ulir 16 mm sebesar Rp 973.413,00 dan besi ulir 19 mm sebesar Rp 3.956.292,00. Pada penelitian sejenis yang telah dilakukan oleh peneliti lain, didapatkan untuk *waste cost* pada besi ulir 22 mm sebesar Rp. 533.908.298,14, sedangkan pada besi ulir 8 mm sebesar Rp. 461.886,83 (Audio, 2023).

KESIMPULAN

Pada konstruksi di gedung ICU RS Ngudi Waluyo Blitar, volume waste material pada pekerjaan pembesian sebesar 3.058,57 meter dengan total beratnya adalah 1.954,88 kg dengan nilai *waste cost* sebesar Rp 18.888.958. Adapun *waste level* pada besi Ø6 sebesar 2,72%, D8 sebesar 0,48%, D10 sebesar 0,04%, D13 sebesar 4,43%, D16 sebesar 0,35%, D19 sebesar 1,08%.

DAFTAR PUSTAKA

- Audio, B.I. (2023) Analisis Proyek Dengan prinsip Lean Construction Guna Mengendalikan Waste of Material (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Research Center Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur), Skripsi

- Asnudin, A. (2010). Pengendalian Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Rumah Tinggal. *Jurnal Mekanika Teknik*, 12(3), 162–164.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Benshlomo, O. (2023). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Analisis Waste Material Tulangan Kolom pada Gedung Serbaguna Universitas Mitra Indonesia. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Fakhrudin, Parung, H., Tjaronge, M. W., Djameluddin, R., Irmawaty, R., Amiruddin, A. A., Djameluddin, A. R., Harianto, T., Muhiddin, A. B., Arsyad, A., & Nur, S. H. (2019). Sosialisasi Aplikasi Teknologi Building Information Modelling (BIM) pada Sektor Konstruksi Indonesia. *JURNAL TEPAT: Applied Technology Journal for Community Engagement and Services*, 2(2), 112–119. https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v2i2.82
- Fikri Hasmori, M., Faizul Md Zin, A., Nagapan, S., Deraman, R., Abas, N., Yunus, R., & Klufallah, M. (2020). The on-site waste minimization practices for construction waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 713(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/713/1/012038>
- Gulghane, A. A., & Khandve, P. V. (2015). Management for Construction Materials and Control of Construction Waste in Construction Industry: A Review. *Journal of Engineering Research and Applications Wwww.Ijera.Com ISSN*, 5(41), 2248–962259.
- Hamkah, & Hadi Purwanto, J. R. M. (2019). Jurnal simetrik vol.9, no.2, desember 2019. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 208–214.
- Hendra, Deni, Karsono, B., Olivia, S., & Azhar. (2022). Pengenalan Peran Platform Digital Bim (Building Information Modelling) Dalam Program Autodesk Revit Bagi Masyarakat Pelajar Kota Lhokseumawe. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, 166–171.
- Laily, F. N., Husni, H. R., & Bayzoni, B. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 25(2), 27–31. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.30>
- Luangcharoenrat, C., Intrachotoo, S., Peansupap, V., & Sutthinarakorn, W. (2019). Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand's perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/su11133638>
- Nurfadillah, Y. K. (2020). Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto Dan Fishbone Diagram (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang). *Occupational Medicine*, 53(4), 130.
- Putri, F. F. (2019). *Evaluasi Anggaran Biaya Struktur dan Arsitektur Menggunakan Metode Building Information Modeling (BIM) (Studi Kasus : Gedung Integrated Laboratory For Science Policy And Communication IsDB Uneversitas Jember)*. 1–43.
- Rahmawati, D., Firmawan, F., Auliya, M. B., & Martiano, D. (2021). Analisis dan Evaluasi Sisa Material Kontruksi Menggunakan FTA (Fault Tree Analysis) Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung Kabupaten Batang. *Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, 17(2), 115–122.

Sinipat, L., & Beatrix, M. (2023). Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 668–701. <https://doi.org/10.46306/tgc.v3i1>