



## **Quantity Material Take Off Penulangan Kolom Zona B Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr.H. Abdul Moeloek dengan *Building Information Modelling* (BIM)**

**Mellynia Saputri<sup>a</sup>, Bayzoni<sup>b</sup>, Hasti Riakara Husni<sup>c</sup>, Chatarina Niken<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>c</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

### HIGHLIGHTS

- Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan volume penulangan kolom metode berbasis BIM terhadap metode konvensional
- BIM adalah proses untuk menciptakan representasi digital dari karakter fisik dan fungsional dari sebuah bangunan
- Perencanaan *cutting plan* dan *waste material* mempengaruhi hasil volume dan BOQ

### INFO ARTIKEL

#### Kata kunci:

*Building information modelling*, Revit 2022, tulangan kolom, *waste material*.

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan volume penulangan kolom antara hasil perhitungan menggunakan Autodesk Revit versi 2022 terhadap metode konvensional serta perencanaan *cutting plan* dan *waste material*. Objek pada penelitian ini adalah Zona B Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil metode konvensional lebih besar dari metode berbasis BIM dengan persentase selisih nilai volume penulangan kolom sebesar 6,54 %. Pada perhitungan *cutting plan* dan *waste material* didapatkan hasil persentase waste tulangan kolom rata-rata sebesar 9,61%. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perhitungan *Quantity Material Take Off* dan pemodelan elemen struktur menggunakan Revit 2022 dapat dilakukan lebih cepat, efektif, dan menghasilkan hasil yang akurat karena pemodelan yang dilakukan dengan menggunakan Autodesk Revit 2022 dapat meminimalisir *double counting* serta kesalahan saat perhitungan.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

### 1. Pendahuluan

Teknologi semakin berkembang pesat melingkupi seluruh aspek kehidupan. Teknologi tidak dapat lagi dipisahkan dari kehidupan manusia masa kini, baik dalam bidang pendidikan, ekonomi, kesehatan, sosial bahkan infrastruktur. Pada bidang infrastruktur teknologi memegang peranan yang cukup penting dalam perencanaan, analisis dan pemodelan, pelaksanaan serta pemeliharaan. Perkembangan teknologi di bidang infrastruktur dapat dilihat dari adanya *software-software* yang mempermudah pekerjaan perencanaan hingga pemeliharaan.

\* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: [mellysaputri997@gmail.com](mailto:mellysaputri997@gmail.com) (Mellynia. S).  
Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

BIM (*Building Information Modeling*) sebagai pengembangan lanjutan dari Computer-Aided Design (CAD) dalam memberikan kontribusi yang lebih besar dalam industri konstruksi [1]. BIM (*Building Information Modeling*) merupakan suatu sistem yang mencakup beberapa informasi penting dalam proses desain. BIM adalah sebuah metodologi dimana seluruh informasi spesifikasi, kuantitas, harga, tahapan, dan pekerjaan terintegrasi 3 Dimensi dan 4 Dimensi [2]. *Building Information Modelling* (BIM) juga didefinisikan sebagai proses representasi digital dari karakter fisik dan fungsional sebuah bangunan. BIM dapat membantu perencana dalam proses penciptaan arsitektural, struktural, mekanikal, elektrik dan komponen bangunan pipa [3]. *Building Information Modelling* (BIM) adalah salah satu pengembangan yang paling menjanjikan dalam industri arsitektur, teknik, dan konstruksi [4]. BIM dapat digunakan untuk menghasilkan kuantitas secara otomatis dari model,

QMTO yang dihasilkan BIM lebih akurat daripada menggunakan metode konvensional [5]. Proses estimasi biaya secara manual memakan waktu dan rawan kesalahan, penggunaan BIM dapat dimanfaatkan untuk mengotomatiskan proses estimasi biaya dan akurasi [6].

Software yang biasa digunakan dalam penerapan konsep *Building Information Modelling* (BIM) adalah Autodesk Revit. Keuntungan dalam menggunakan software Revit adalah objek yang penuh dengan informasi teknis, kemudahan dalam membentuk objek, kemudahan dalam bekerja tim, produksi secara cepat dan presisi serta terkoneksi dengan software antar Autodesk. Software Revit secara otomatis akan menghasilkan *Quantity Material Take Off* (QMTO)[7].

*Quantity Material Take Off* (QMTO) adalah salah satu upaya dari kontraktor dengan melakukan perhitungan volume, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk menyusun BOQ dalam tender, dan nantinya juga dibahan untuk menyusun *procurement*[8]. *Quantity Material Take off* berdasarkan *Building Information Modelling* (BIM) adalah metode yang lebih cepat dan lebih andal terhadap metode konvensional[9]. *Quantity Material Take off* (QMTO) merupakan langkah penting sebelum memperkirakan biaya pekerjaan dan kuantitas pekerjaan [10]. QMTO biasanya dilakukan secara konvensional dan dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel, namun hal tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, penelitian kali ini menggunakan Software Revit Versi 2022 untuk memudahkan dalam proses QMTO dan memudahkan pekerjaan jika terjadi perubahan desain dengan mengacu pada referensi penelitian terdahulu. Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian dalam proses QMTO adalah pekerjaan penulangan. Pekerjaan penulangan meliputi, pekerjaan penulangan kolom, penulangan balok dan penulangan pelat. Penelitian ini akan berfokus pada penulangan kolom yang merupakan aspek terpenting pada sebuah bangunan.

Adapun penelitian ini dilakukan dengan memfokuskan pada perbandingan perhitungan volume penulangan kolom menggunakan metode konvensional dengan menggunakan bantuan Revit 2022 atau berbasis BIM, serta melakukan perencanaan *cutting plan* pada penulangan kolom dan perhitungan *waste material*. *Waste material* merupakan bagian dari material yang tidak terpakai dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan tidak menjadi bagian dari bangunan. Semakin banyak *waste material* yang terjadi, maka semakin tidak efisien penggunaan material pada proyek tersebut [11]. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase perbandingan perhitungan volume penulangan kolom menggunakan Revit 2022 dengan menggunakan metode konvensional serta mengetahui persentase *waste material* pada material tulangan pada kolom. Hasil dari penelitian ini nantinya dapat dimanfaatkan sebagai tambahan acuan dan pertimbangan dalam perencanaan struktural penulangan kolom dan penyusunan BOQ.

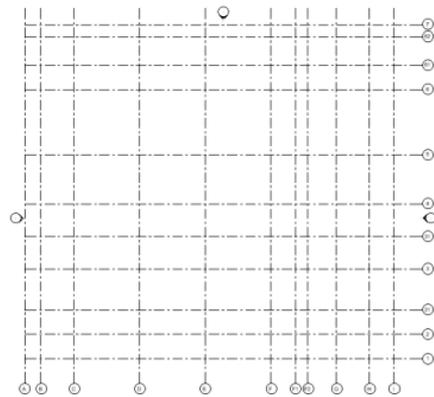
## 2. Material dan Metode Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah zona B Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. Pada penelitian ini menggunakan alat berupa laptop Asus Vivobook intel core i7 dan menggunakan aplikasi Revit versi 2022. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah *as built drawing* Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr.H. Abdul Moeloek.

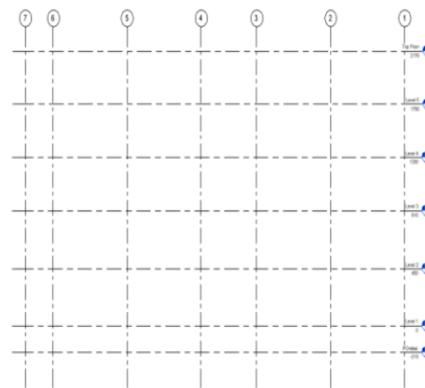
Penelitian ini dimulai dengan menginstall aplikasi Autodesk Revit 2022. Selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang diperlukan seperti *as built drawing* dalam bentuk *file dwg*. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan 3 Dimensi yang meliputi pemodelan tulangan pondasi, kolom, balok serta lantai. Setelah selesai dilakukan pemodelan 3 Dimensi dilanjutkan dengan *clash cek* dan pemodelan 4 Dimensi untuk mengeluarkan volume struktur. Tahapan Pemodelan 3 Dimensi Menggunakan Autodesk Revit 2022 seperti berikut ini.

### 2.1 Pembuatan grid dan elevasi

Langkah awal dalam pemodelan menggunakan Autodesk Revit 2022 adalah dengan membuat lembar kerja baru dengan pilih *new project* lalu pilih *template*. Untuk pilihan *template* gunakan *template US metric* yaitu *Construction-default metric*. Untuk membuat *grid* pilih *tab structure* lalu pilih *grid*. Bentuk *grid* menyesuaikan dengan bentuk ruangan pada bangunan gedung. Untuk bentuk *grid* pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Abdul Moeloek dapat dilihat pada Gambar 1. Langkah untuk membuat level adalah dengan memilih *view east* pada *project browser*. Level yang telah dibuat akan muncul pada kotak *project browser*. Untuk mengaktifkan level yang dibuat agar muncul di kotak *project browser* adalah dengan cara pilih *tab view* kemudian pilih *plan view* yang *structural plan*. Level yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.



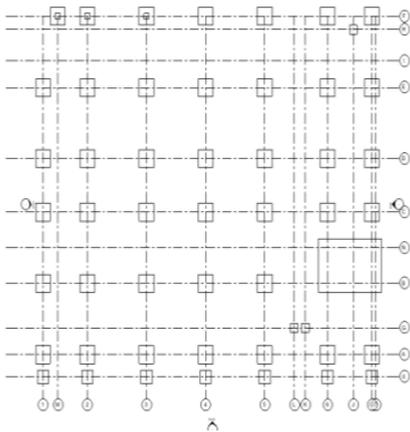
Gambar 1 Hasil grid yang sudah dibuat



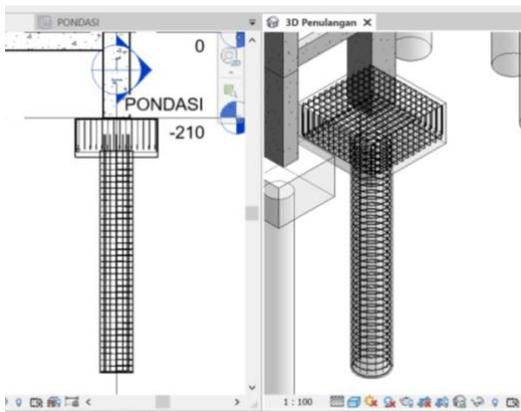
Gambar 2 Hasil level yang telah dibuat

### 2.2. Pemodelan dan penulangan fondasi

Pada Pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek digunakan pondasi *bore pile*. Dalam memodelkan pondasi *bore pile* langkah awal yang harus dilakukan yaitu dengan klik *tab structure* kemudian pilih *structural foundation; isolated*. Apabila dalam *libraries family* tidak terdapat jenis pondasi yang diinginkan, maka langkah yang harus dilakukan adalah pembuatan *new family*. Langkah pembuatan *family* pondasi dengan cara pilih *tab file* muncul kotak dialog lalu pilih *new family*. Langkah selanjutnya adalah menempatkan *family* pondasi yang telah disimpan pada *grid* yang telah dibuat sebelumnya, hal ini dilakukan dengan pilih *tab structure; isolated* kemudian pilih *load family*. Hasil Pemodelan pondasi dapat dilihat pada Gambar 3. Selanjutnya adalah penulangan pondasi *bore pile*. Langkah pertama adalah membuat *section* atau potongan pada *structural plan* pondasi lalu *go to view*. Kemudian klik pada struktur pondasi pilih *rebar; rebar shape browser*. Setelah itu pilih dimensi tulangan dan atur jarak tulangan. Hasil penulangan pondasi *bore pile* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Pemodelan Pondasi

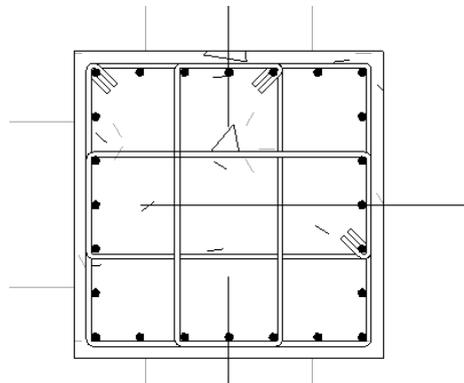


Gambar 4. Hasil Penulangan Pondasi

### 2.3. Pemodelan dan penulangan kolom

Pada pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr.H. Abdul Moeloek terdapat 5 tipe kolom yaitu kolom K1, K2, K3, K4 dan K6. Langkah

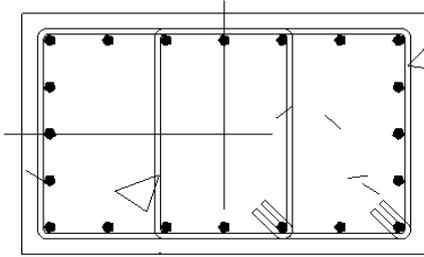
pemodelan kolom Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dimulai dengan pembuatan *family* kolom, dalam pemodelan *family* kolom buka *file libraries*, kemudian pilih *US metric; structural Column*, kemudian pilih tipe kolom yang sesuai yaitu *M\_Concrete\_Rectangular\_Column*. Setelah itu, untuk memasukkan *family* kolom ke dalam *project* perlu dilakukam *load family* dengan memilih *tab structure; column*, kemudian pilih *edit type* dan atur dimensi kolom. Setelah pemodelan struktur beton kolom selesai, lalu dilanjutkan dengan pemodelan detail penulangan pada kolom. Langkah pertama untuk membuat detail tulangan kolom adalah membuat *section* atau potongan dengan pilih *tab view* lalu klik *section*. Langkah pembuatan tulangan utama pada kolom dengan cara klik *rebar* pilih tipe rebar *M\_00* lalu pergi ke tampak atas kolom atur dimensi tulangan menjadi diameter 19 mm dan *rebar set; fixed number*. Hasil penulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pemodelan dan Penulangan Kolom

### 2.4. Pemodelan dan penulangan balok

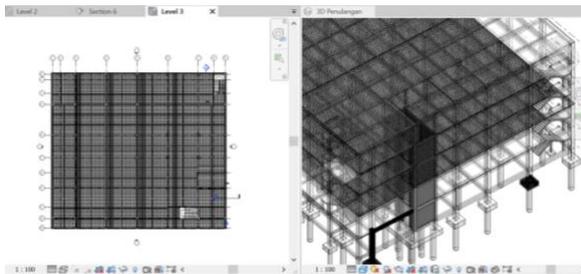
Langkah awal dalam pemodelan struktur balok adalah dengan pembuatan *family*, langkah ini dimulai dengan klik *tab structure* pilih *beam* lalu *load family*. Pilih *file* yang ada di *libraries* yaitu *US metric* dan pilih *M\_Concrete\_Rectangular\_beam*, kemudian buat parameter balok sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Setelah membuat parameter *family* balok, maka *family* balok ditempatkan pada *grid* yang telah dibuat sebelumnya. Setelah pemodelan struktur beton balok selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan detail penulangan balok. Langkah pertama untuk membuat penulangan balok adalah dengan membuat *section* pada potongan balok, yaitu dengan klik *tab view* pilih *section; go to view*. Selanjutnya adalah pembuatan tulangan utama balok dengan diameter tulangan 19 mm. pembuatan tulangan utama balok diawali dengan pergi menuju *section* pada sumbu y dan mengklik *rebar* pilih tipe *rebar M\_00* lalu diameter 19 mm dan *rebar set single*. Hasil pemodelan dan penulangan balok dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pemodelan dan Penulangan Balok

### 2.5. Pemodelan dan penulangan pelat

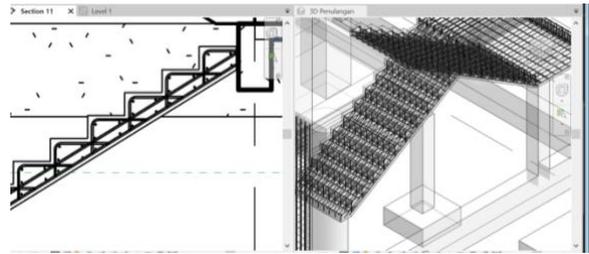
Langkah pemodelan pada pelat adalah tempatkan pelat ke dalam kotak *grid* dengan cara pilih *rectangle* pada *tab structure*, lalu arahkan kursor pada sudut bagian yang akan ditempatkan pelat. Setelah semua bagian telah diberi pelat maka tekan tanda ceklis hijau pada mode *create floor boundary*. Setelah selesai melakukan pemodelan struktur pelat, maka langkah selanjutnya adalah pemodelan detail tulangan pelat. Pemodelan detail penulangan pelat diawali dengan mengklik objek pelat, langkah selanjutnya pilih area pada menu *rebar*, kemudian akan muncul pilihan cara menggambar penulangan pelat, lalu pilih *rectangle*. Setelah itu akan muncul hasil penulangan pelat yang tertera pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pemodelan dan Penulangan Pelat Lantai

### 2.6. Pemodelan dan Penulangan Tangga

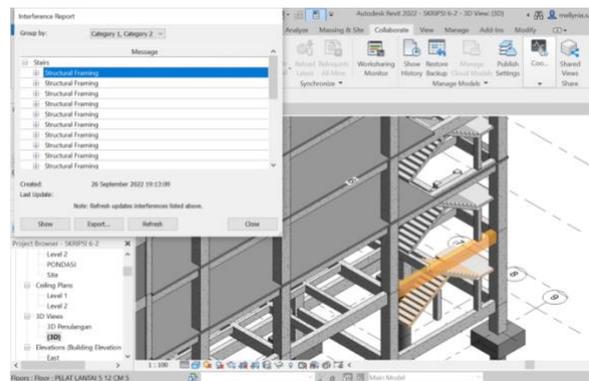
Pemodelan tangga pada aplikasi Revit ini diawali dengan memilih *tab stairs* pada menu *architecture*. Setelah menu *stairs* di klik maka akan muncul *tab create stairs* kemudian pilih tipe tangga yang akan digunakan yaitu tipe *straight*. Pembuatan tulangan tangga diawali dengan membuat potongan atau *section* tangga. Setelah itu, pilih tangga mana yang akan diberi tulangan, kemudian pergi ke menu *rebar* lalu pilih bentuk dan dimensi tulangan yang akan digunakan. Kemudian untuk memudahkan penggambaran tulangan tangga agar bentuk dan penempatannya sesuai dengan yang diinginkan, maka diperlukan *sketch rebar*, sehingga memudahkan membuat bentuk yang diinginkan. Hasil dari Penulangan tangga dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pemodelan dan Penulangan Tangga

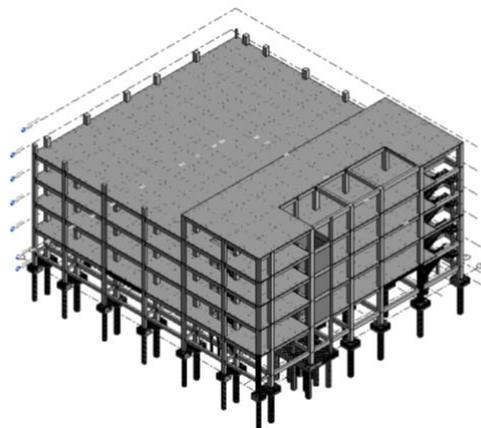
### 2.7. Clash detection

Langkah pertama untuk mengecek apakah ada *clash* atau tumpang tindih antar elemen struktur adalah dengan menggunakan *fitur interference check* yang ada pada *tab collaborate*, caranya adalah dengan klik *tab collaborate* lalu pilih menu *copy/monitor*, setelah itu pilih *interference check* kemudian *run interference check*. Setelah elemen struktur dipilih maka akan muncul daftar elemen mana saja yang terjadi I atau tumpang tindih, klik pada salah satu daftar elemen yang tertera kemudian pada *structural 3* Dimensi akan muncul seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Clash Detection

Hasil Pemodelan Gedung Perawatan Bedah Terpadu Zona B RSUD Dr. H. Abdul Moeloek ditampilkan dalam bentuk 3 Dimensi seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pemodelan dalam bentuk 3 Dimensi

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian didapatkan analisis perbandingan selisih antara volume yang didapat dari metode konvensional dengan volume yang didapat dari aplikasi Autodesk Revit 2022 untuk bagian kolom *structural*. Analisis perbandingan selisih tersebut, dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excell* oleh peneliti, hasil perbandingan selisih dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1**  
Hasil Analisis Perbandingan Selisih Penulangan Kolom

Lantai	Tipe	Metode Konvensional	Metode Berbasis BIM	Selisih (%)
Lantai 1	K1	15148,22	14446,85	4,63
	K2	1592,43	1531,25	3,84
	K3	643,03	642,66	0,06
	K4	314,22	306,81	2,36
Lantai 2	K1	15148,22	14718,19	2,84
	K2	1515,09	1488,68	1,74
	K3	663,67	649,7	2,10
	K4	313,34	303,47	3,15
Lantai 3	K6	61,46	56,28	8,43
	K1	15148,22	13476,68	11,03
	K2	1515,09	1370,2	9,56
	K3	607,68	598,09	1,58
Lantai 4	K4	263,05	249,84	5,02
	K6	55,37	51,95	6,18
	K1	14411,78	13894,13	3,59
	K2	1683,15	1550,8	7,86
Lantai Top Floor	K3	607,68	584,56	3,80
	K4	240,46	225,6	6,18
	K6	70,12	67,69	3,47
	K1	6492,1	5474,18	15,68
Total	K2	868,32	588,12	32,27
	K3	429,24	427,88	0,32
		<b>77791,94</b>	<b>72703,61</b>	<b>6,54</b>

Selanjutnya adalah hasil analisis dan rekapitulasi *cutting plan* dan *waste material* penulangan kolom Gedung perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.

**Tabel 2**  
Rekapitulasi Perhitungan *Waste material*

Lantai	Tinggi kolom (mm)	Tipe	Diameter tulangan (mm)	Kebutuhan tulangan (batang)	Kebutuhan berat tulangan (kg)	Waste (kg)	% Waste		
Lantai 1	4500	K1	D19	504	13461,04	2469,6	18,35		
			Ø10	973	7198,69	141,59	1,97		
		K2	D16	70	1325,8	242,9	18,32		
			Ø10	56	414,31	7,09	1,71		
		K3	D16	8	151,52	27,8	18,35		
			Ø10	24	177,56	1,9	1,07		
		K4	D13	17	212,56	17,68	8,32		
			Ø10	24	177,56	1,43	0,81		
		Lantai 2	4600	K1	D19	504	13461,04	2247,8	16,70
					Ø10	973	7198,69	141,59	1,97
				K2	D16	70	1325,8	232,26	17,52
					Ø10	56	414,31	2,94	0,71
K3	D16			32	606,08	149,85	24,72		
	Ø10			24	177,56	1,9	1,07		
K4	D13			17	212,56	13,26	6,24		
	Ø10			14	103,58	0,65	0,63		
K6	D13			4	50,01	9,15	18,30		
	Ø10			10	73,98	1,87	2,53		
Lantai 3				K1	D19	504	13461,04	3146,97	23,38
					Ø10	853	6310,88	134,69	2,13
		K2	D16	70	1325,8	320,74	24,19		
			Ø10	54	399,52	2,7	0,68		
Lantai 4	4200	K3	D16	32	606,08	146,62	24,19		
			Ø10	19	140,57	1,5	1,07		
		K4	D13	17	212,56	30,94	14,56		
			Ø10	18	96,18	0,58	0,60		
Lantai 4	4200	K6	D13	4	50,01	12,48	24,96		
			Ø10	3	29,59	0,69	2,33		
		K1	D19	372	13461,04	2499,39	18,57		
			Ø10	807	5970,55	78,81	1,32		
Total		K2	D16	182	3447,09	405,72	11,77		
			Ø10	70	517,9	12,45	2,40		
		K3	D16	32	606,08	146,62	24,19		

Lanjutan Tabel 2

		Ø10	19	140,57	1,5	1,07		
	K4	D13	17	212,56	30,94	14,56		
		Ø10	13	96,18	0,61	0,63		
	K6	D13	4	50,01	2,49	4,98		
		Ø10	4	29,59	0,92	3,11		
	K1	D19	216	5769,02	1734,05	30,06		
		Ø10	213	1339,52	27,12	2,02		
Lantai	4200	K2	D16	30	801,25	170,64	21,30	
Top			Ø10	22	146,53	1,13	0,77	
Floor			K3	D16	24	454,56	4,06	0,89
			Ø10	15	36,99	2,85	7,70	
Rata-rata						9,61		

Setelah dilakukan perhitungan *cutting plan* dan *waste material* didapatkan hasil % *waste* rata-rata sebesar 9,61 %, dapat dilihat pada Tabel 1 tinggi kolom, diameter tulangan dan jumlah kolom mempengaruhi nilai *waste material*. Semakin tinggi kolom nilai *waste material* semakin kecil, dikarenakan tidak banyak membuang besi potongan, seperti kasus pada lantai 4. Ada beberapa kolom yang tinggi nya mencapai 5700 mm, sehingga menghasilkan nilai *waste material* yang rendah, sedangkan pada lantai 3 diperoleh nilai *waste material* paling tinggi. Pada skema *cutting plan* untuk tiap diameter tulangan, diperoleh hasil bahwa sisa tulangan berdiameter 10 mm sebagian besar dapat digunakan kembali, sedangkan untuk tulangan yang berdiameter lebih besar dari 10 mm tidak dapat digunakan kembali pada penulangan kolom, tetapi dapat digunakan pada penulangan struktur lain seperti balok dan pelat. Oleh karena itu, semakin besar diameter tulangan semakin besar pula nilai *waste material* yang dihasilkan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis volume diperoleh hasil bahwa metode konvensional lebih besar dari metode berbasis BIM, dengan persentase selisih sebesar 6,54 %. Hal ini dikarenakan pemodelan menggunakan BIM dilakukan dari tepi ke tepi sehingga meminimalisir *double counting*. Selain itu, pekerjaan di lapangan kurang menerapkan perhitungan panjang penyaluran pada tiap tulangan sehingga menyebabkan *over height*. Kemudian telah diperoleh hasil perhitungan *waste material* pada penulangan kolom Gedung Bedah Terpadu RSUD Dr.H. Abdul Moeloek dengan rata-rata persentase *waste* sebesar 9,61 %. perbedaan tinggi kolom, diameter tulangan dan jumlah kolom menyebabkan perbedaan nilai *waste material* yang dihasilkan oleh tiap-tiap komponen kolom.

#### Daftar pustaka

- [1] S. Alhasan, B. Kumar, dan J. V. Thanikal. (2017). *Effectiveness of implementing 5D functions of Building information modeling on professions of quantity surveying - A review*. *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 783–800.
- [2] S. I. A. Adji Krisbandono dkk. (2019). *Rekomendasi Percepatan Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Pembangunan Infrastruktur Pupr Pengarah. Pusar Litbang Kebijakan. dan Penerapan Teknol.*
- [3] M. F. Hergunsel. (2011). *Benefits of Building Information Modeling*. *Benefits Build. Inf. Model.*, no. May, pp. 1136–1145, 2011, [Online]. Available: [http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011135239/unrestricted/MHergunsel\\_Thesis\\_BIM.pdf](http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011135239/unrestricted/MHergunsel_Thesis_BIM.pdf)
- [4] C. Eastman dkk. (2014). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. p. 500.
- [5] C. Eastman dkk. (2011). *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modelling 2nd ed.*
- [6] M. Abu-Hamd, A. S. Dina, dan M. Mohamed. (2016). *Application of 4D and 5D bim in cold-formed steel residential buildings*. *Proceedings, Annu. Conf. - Can. Soc. Civ. Eng.*, vol. 4, no. Figure 1, pp. 2599–2608.
- [7] S. Sangadji, S. A. Kristiawan, dan I. K. Saputra. (2019). *Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung*. *Matriks Tek. Sipil*, vol. 7, no. 4, pp. 381–386. doi: 10.20961/mateksi.v7i4.38475.
- [8] D. Laorent, P. Nugraha, dan J. Budiman. (2019). *"Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit,"* vol. 6, no. 1, pp. 1–8. doi: 10.9744/duts.6.1.1-8.
- [9] A. N. Hasan dan S. M. Rasheed. (2019). *The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry*. *Civ. Eng. J.*, vol. 5, no. 2, p. 412. doi: 10.28991/cej-2019-03091255.
- [10] C. A. S. E. S. Tudy dkk. (2021). *Analisa Quantity Take Off dan Rencana Anggaran Biaya dengan Metode Building Information Modeling ( BIM)*. vol. 14, no. 1, pp. 27–31.
- [11] K. R. Sutanto, P. Nugraha, dan A. Andi. (2018). *Studi Kasus Waste Material Proses Fabrikasi Struktur Baja di Perusahaan EPC (Engineering, Procurement, Construction)*. *J. Tek. Sipil*, vol. 25, no. 1, p. 33. doi: 10.5614/jts.2018.25.1.5.