



IMPLEMENTASI METODE *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) PADA TAHAP MUTUAL CHECK-100 (MC-100) PADA PEKERJAAN STRUKTUR

Dani Nugroho Saputro*, Syahid Jaya Dilaga, Nor Intang Setyo Hermanto, Heryawan Susanto

Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga

*Corresponding author, email address: danisaputro@unsoed.ac.id

ABSTRACT

Article History:

Received 11 July 2023

Accepted 16 February 2024

Online 30 March 2024

Keywords:

BIM

Mutual Check-100

Cost Estimation

Quantity Take-off

Speckle Manager

The development of technological aspects in the construction field continues to advance to generate more effective and efficient working methods, such as Building Information Modeling (BIM) technology. The progress of BIM has been rapid and has become a new standard within the scope of AEC (Architecture, Engineering, and Construction). One potential application of BIM in the construction industry is its implementation in the Mutual Check-100 (MC-100) phase. The application of BIM methods can assist in the process of MC-100 preparation due to several advantages, including the ability to integrate multiple project elements into a single file type, thereby facilitating coordination (resulting in faster processes), reducing the need for human resources, and minimizing errors in the calculation of quantity take-off. This research compares the structural work volume and cost estimation analysis results between the BIM and conventional methods in the MC-100 phase. In this study, the structural component modeling is carried out through the integration of structural analysis models between open BIM software using the Speckle Manager platform. The research findings indicate that the BIM method yields a lower volume of concrete work with a difference of 0.2% and a 12.5% difference in reinforcement volume compared to the conventional method. The BIM method also results in a cost estimation analysis with costs 8.8% lower than the conventional method. By using the BIM method, information about structural work which includes dimensions, specifications and cost estimates is integrated in a 3D model, a better and more accurate identification is obtained than using conventional methods.

©2024 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan aspek teknologi di bidang konstruksi terus meningkat guna menghasilkan metode kerja yang lebih efektif dan efisien seperti teknologi *Building Information Modeling* (BIM). BIM merupakan representasi digital dari model fisik dan fungsional bangunan yang mampu memberikan berbagai informasi dasar sebagai pertimbangan mengambil keputusan dalam siklus proyek, mulai dari konsep perencanaan awal hingga proses penghancuran bangunan (ISO 29481-1, 2016). BIM juga dapat diartikan sebagai model digital suatu konstruksi yang memuat berbagai informasi bangunan dari seluruh fase hidup bangunan. Perkembangan BIM begitu pesat dan menjadi standar baru dalam lingkup AEC (*Architecture, Engineering and Construction*). Pemerintah juga telah mengeluarkan kebijakan tentang BIM yang tertuang pada lampiran Permen PUPR nomor 22 tahun 2018 yang berbunyi “Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² (dua ribu meter persegi) dan diatas 2 (dua) lantai”. Dengan terbitnya kebijakan tersebut, maka para

pengembang dituntut untuk mempersiapkan sumber dayanya agar dapat mengimplementasikan metode BIM ini

Salah satu potensi penerapan konsep BIM dalam dunia konstruksi yaitu diterapkan pada tahap Mutual Check-100 (MC-100). Mutual Check-100 merupakan suatu laporan yang memuat semua item pekerjaan dan dilengkapi dengan berita acara serah terima lapangan (BA 100%), *Schedule* dan Rekap MC 100%. Dokumen MC 100 dibuat pada saat selesainya suatu pekerjaan dan menjadi salah satu kelengkapan wajib, karena sebagai kontrol terhadap pekerjaan yang telah dilakukan (Dinas PUPR, 2019). Penerapan metode BIM dapat membantu dalam proses penyusunan MC-100 karena memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat mengintegrasikan beberapa elemen dalam proyek pada satu jenis *file* sehingga mempermudah koordinasi (proses berlangsung lebih cepat), memperkecil kebutuhan SDM dan mengurangi kesalahan proses perhitungan volume pekerjaan.

Kajian terkait implementasi BIM pada dunia konstruksi cukup banyak dilakukan, salah satunya yaitu kajian terkait implementasi BIM pada tahap MC-0 yang berjudul “Implementasi BIM untuk Penyusunan Dokumen Mutual Check-0 (MC-0)”. Studi ini menjelaskan terkait pemanfaatan metode BIM untuk penyusunan dokumen MC-0. Dari penelitian ini dihasilkan terdapat penambahan nilai kontrak 9,47% terhadap kontrak awal. Namun pada penelitian ini tidak secara eksplisit membahas mengenai kolaborasi dan integrasi antar *software* BIM dalam proses pemodelan.

Proyek pembangunan Gedung F Fakultas Teknik Unsoed pada pelaksanaannya masih menerapkan metode konvensional dan belum menerapkan metode BIM baik dari tahap awal maupun tahap akhir, sehingga penelitian ini akan dilakukan pada proyek tersebut yang berfokus pada tahap MC-100. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh tingkat efisiensi implementasi metode BIM pada tahap MC-100 dengan mengintegrasikan pemodelan hasil analisis struktur ke dalam BIM untuk perhitungan volume dan RAB pekerjaan struktur gedung. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan kontribusi kepada para pengembang terkait pentingnya implementasi BIM di dunia konstruksi.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mutual Check-100

Mutual Check-100 adalah suatu laporan yang memuat semua item pekerjaan dan dilengkapi dengan berita acara pemeriksaan lapangan bersama (MC 100%), berita acara serah terima lapangan (BA MC 100%), *schedule* dan rekap MC 100%. Kegiatan MC-100 dilakukan setelah selesainya suatu pekerjaan. Dokumen ini menjadi salah satu kelengkapan wajib karena sebagai kontrol terhadap pekerjaan yang telah dilaksanakan apakah sesuai dengan MC-0 *Change Contract Order* (CCO) dan Pra Mutual Check-100 serta dokumen pemeriksaan (PUPR. 2019).

2.2 Building Information Modeling

BIM adalah representasi digital dari model fisik dan fungsional bangunan yang mampu memberikan berbagai informasi dasar sebagai pertimbangan mengambil keputusan dalam siklus proyek, mulai dari konsep perencanaan awal hingga proses penghancuran bangunan (ISO 29481-1, 2016). Model dari BIM dapat digunakan untuk keperluan demonstrasi daur proyek yang ada. *American Institute of Architect* telah menetapkan BIM sebagai pemodelan berbasis teknologi yang terhubung dengan *data base* informasi proyek tersebut. Nantinya dokumen teks terstruktur seperti spesifikasi memungkinkan dapat terintegrasi pada standar-standar regional, nasional dan internasional.

2.3 Speckle Manager

Speckle Manager merupakan *platform open source* yang memungkinkan melakukan pertukaran data *geometri* dan *property* suatu elemen bangunan. Dengan menggunakan Speckle Manager akan memungkinkan kolaborasi dan integrasi secara penuh antar semua disiplin dengan menggunakan satu *object (shared object)*. Atau secara sederhana platform ini berfungsi untuk menjembatani pertukaran data dan informasi antar *software* yang mendukung konsep BIM.

2.4 Autodesk Revit

Menurut Rahma (2019) Autodesk Revit adalah salah satu program berbasis BIM yang dapat melakukan integrasi antar disiplin baik dari disiplin arsitektur, struktur MEP dalam merancang, menganalisis, dan mengelola bangunan dengan akurat dan efisien. Autodesk Revit memiliki beberapa fitur-fitur yang dapat mendukung penggunaan metode BIM. Menurut Rayendra dkk (2014), beberapa fitur Autodesk Revit yaitu *modeling, massing, phasing, rendering, scheduling dan collaboration*.

2.5 Quantity Take Off

Quantity take-off adalah pengukuran jumlah material dan volume pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi. Volume pekerjaan yang didapatkan nantinya akan digunakan untuk menghitung biaya pada saat pelaksanaan konstruksi. Menurut Laorent dkk. (2016) metode perhitungan volume pekerjaan yang sering dilakukan diindonesia masih menggunakan metode konvensional, berdasarkan pada gambar Autocad dan Ms Exel dengan berpedoman pada *Standard Method of Measurement* (SMM). Namun metode ini dinilai kurang efisien dibandingkan metode BIM. Dengan menggunakan *software* berbasis BIM salah satunya Autodesk Revit, perhitungan QTO lebih efisien karena dapat menghitung volume dengan lebih cepat dan akurat. Jika terdapat perubahan pada desain 3D maka volume pekerjaan secara otomatis akan ikut berubah.

2.6 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perkiraan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek tersebut seperti bahan, alat, upah dan biaya lain yang berhubungan pelaksanaan pekerjaan. RAB akan menjadi acuan dasar oleh para kontraktor dan *stakeholder* dalam pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi. Dalam perhitungan RAB diperlukan akurasi yang baik agar tidak menyebabkan selisih harga yang dapat memberikan kerugian secara finansial.

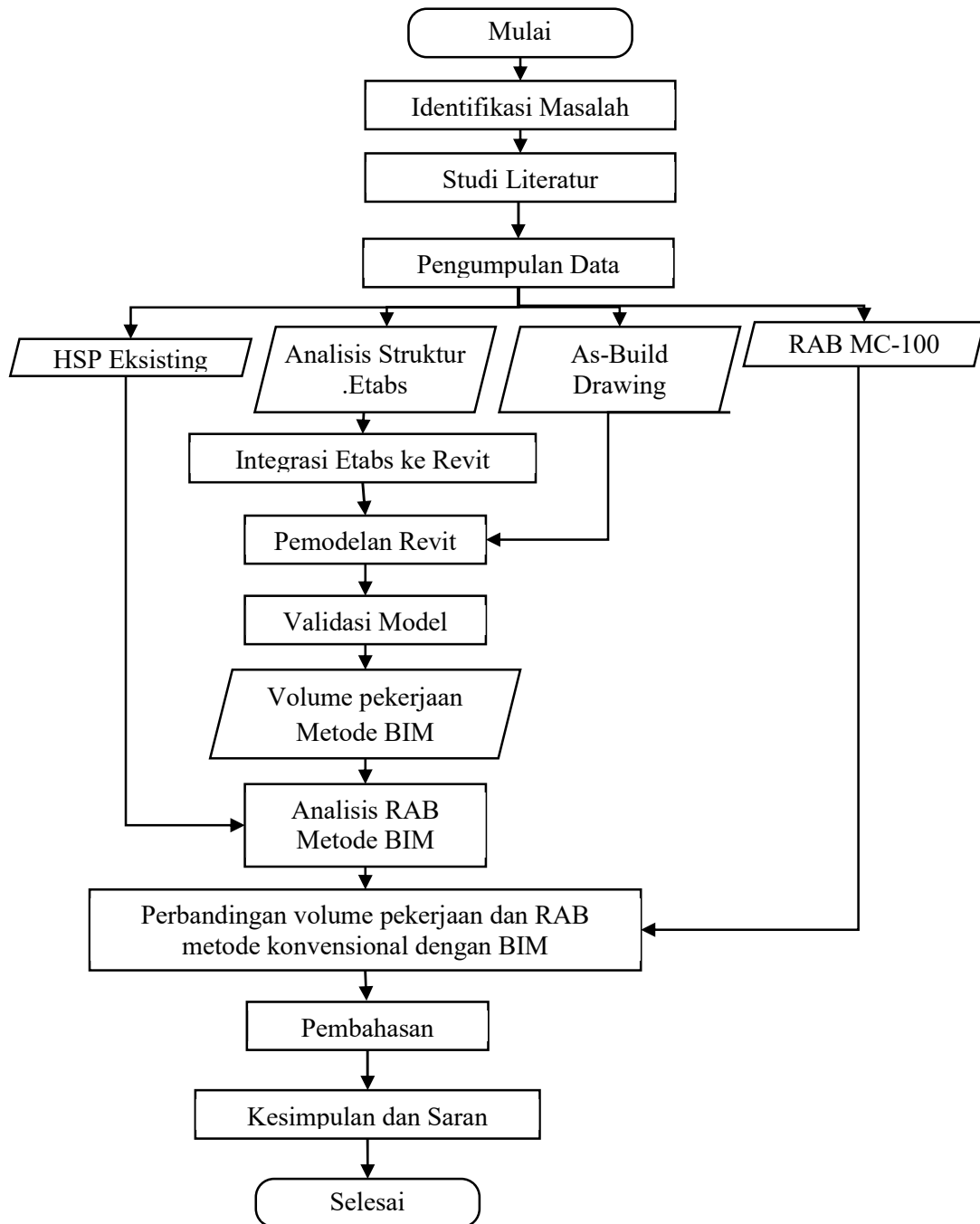
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode studi komparatif yang membandingkan dua atau lebih variabel untuk mengetahui sebab akibat suatu fenomena tertentu dengan menganalisis faktor-faktor penyebabnya. Variabel data yang dibandingkan adalah volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya pekerjaan struktur yang dihitung berdasarkan metode konvensional dan metode BIM pada tahap MC-100. Metode konvensional dalam hal ini adalah berdasarkan RAB dan Volume pekerjaan pada tahap akhir atau MC-100 dari pekerjaan konstruksi, yang meliputi volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya pekerjaan struktur yang dibuat oleh kontraktor pelaksana tanpa menggunakan platform BIM. Volume pekerjaan akan dibagi menjadi volume pekerjaan pembeconan dan pembeconan, sedangkan untuk RAB merupakan akumulasi dari pekerjaan pembeconan dan pembeconan. Objek penelitian ini adalah Gedung F Fakultas Teknik Unsoed. Penelitian berfokus pada pekerjaan struktur Gedung berupa fondasi, kolom, balok, pelat lantai dan tangga. Pada penelitian ini, pemodelan struktur dilakukan melalui proses integrasi 3D model analisis struktur Etabs ke dalam *software* Autodesk Revit dengan bantuan *platform* Speckle Manager. Disajikan bagan alir penelitian ini pada Gambar 1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

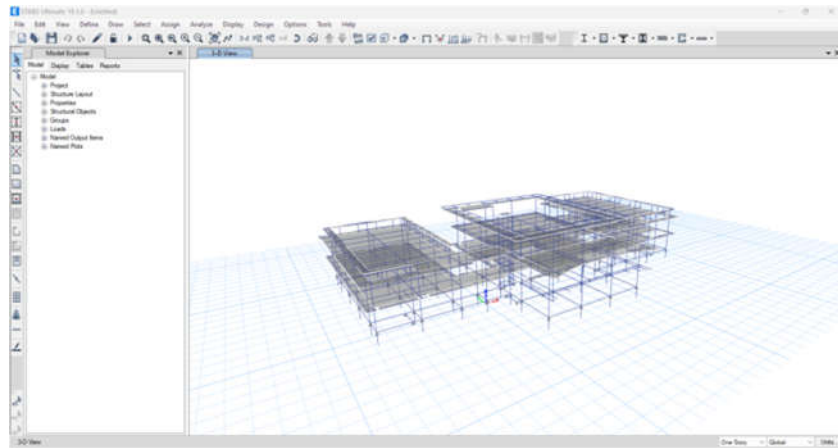
4.1 Integrasi dan Pemodelan Struktur Gedung

Pemodelan 3D menggunakan *software* berbasis BIM perlu dilakukan ketika mengimplementasikan metode BIM. Namun pada penelitian ini, pemodelan tidak dimulai dari lembar kerja kosong melainkan dengan mengintegrasikan model analisis struktur (Gambar 2) ke dalam *software* Autodesk Revit menggunakan *platform* Speckle Manager, sehingga beberapa model struktur sudah ter-modelisasi pada *software* Autodesk Revit.

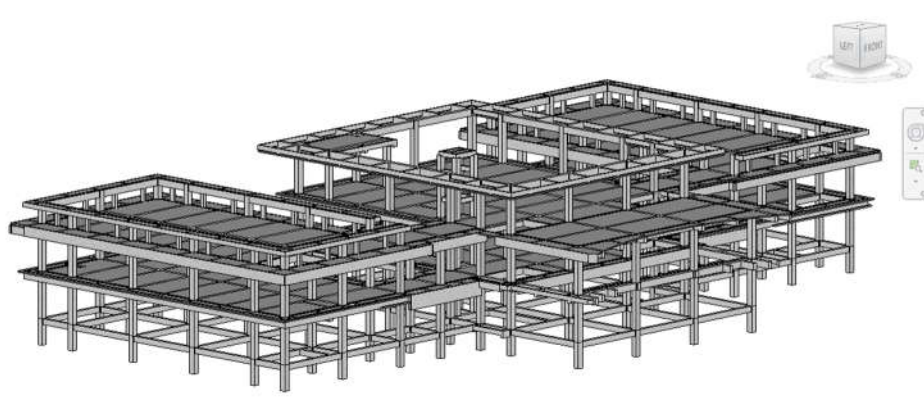


Gambar 1 . Bagan Alir Penelitian

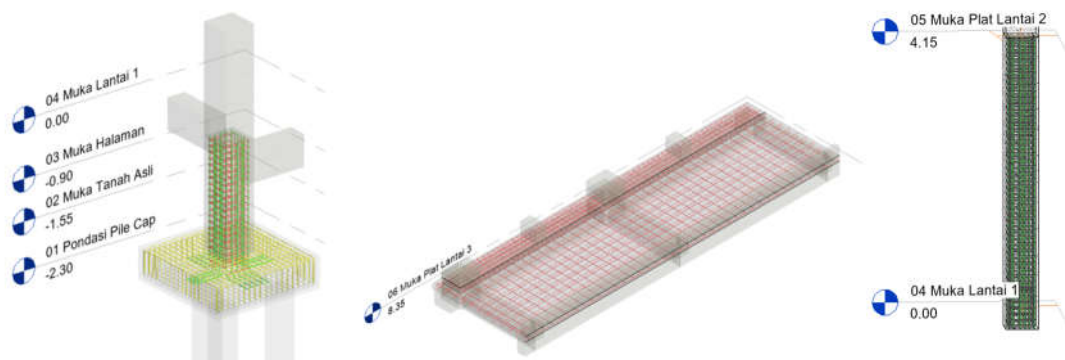
Pada proses integrasi, komponen struktur fondasi dan pelat tangga tidak ter-*import* ke dalam *software* Autodesk Revit (Gambar 3), karena komponen tersebut tidak dimodelkan pada *software* Etabs. Sedangkan untuk penulangan (*rebar*) tidak ter-*import* karena sistem penulangan pada *software* Etabs tidak berbasis model, namun hanya untuk analisis struktur. Sehingga perlu dilakukan pendetailan dan pemodelan secara manual menggunakan *software* Revit. Pada Gambar 4 dilakukan pemodelan dan pendetailan tulangan menggunakan *software* Autodesk Revit.



Gambar 2. Model Analisis Struktur Etabs



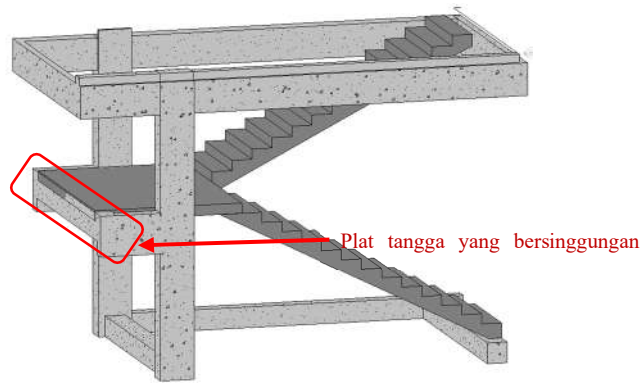
Gambar 3. Model Struktur Revit dari Integrasi Menggunakan Speckle Manager



Gambar 4. Pendetailan Tulangan pada Struktur Kolom Plat dan Pondasi

4.2 Validasi Pemodelan

Validasi bertujuan memastikan bahwa model yang dibuat pada *software* Revit telah sesuai dengan kondisi sesungguhnya. Pada Penelitian ini, Validasi pemodelan dilakukan dengan cara mengkomparasi secara manual hasil pemodelan Revit dengan *as-build drawing* dan *clash detection* untuk mengetahui tabrakan komponen struktur pada model. Setelah dilakukan *clash detection* terdapat *clash* antara komponen struktur tangga dengan kolom dan balok. Hal ini terjadi karena sisi ujung pelat tangga bersinggungan dengan elemen balok maupun kolom seperti terlihat pada Gambar 5. Namun kondisi ini dapat diabaikan karena pada realisasi lapangan, pelat tangga sengaja dihubungkan dengan balok dan kolom, sedangkan untuk volume struktur akan secara otomatis disesuaikan oleh *software* Autodesk Revit.



Gambar 5. Clash Detection yang terjadi pada Tangga

4.3 Perbandingan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan metode BIM didapatkan berdasarkan 3D model yang dianalisis menggunakan Autodesk Revit, Sedangkan volume pekerjaan metode konvensional didapatkan dari data *eksisting*. Volume pekerjaan yang didapat pada Autodesk Revit diolah menggunakan excel yang selanjutnya dibandingkan dengan volume pekerjaan konvensional. Pekerjaan struktur yang dibandingkan berupa pekerjaan betonan dan pembesian.

a. Volume Pekerjaan Pembetonan

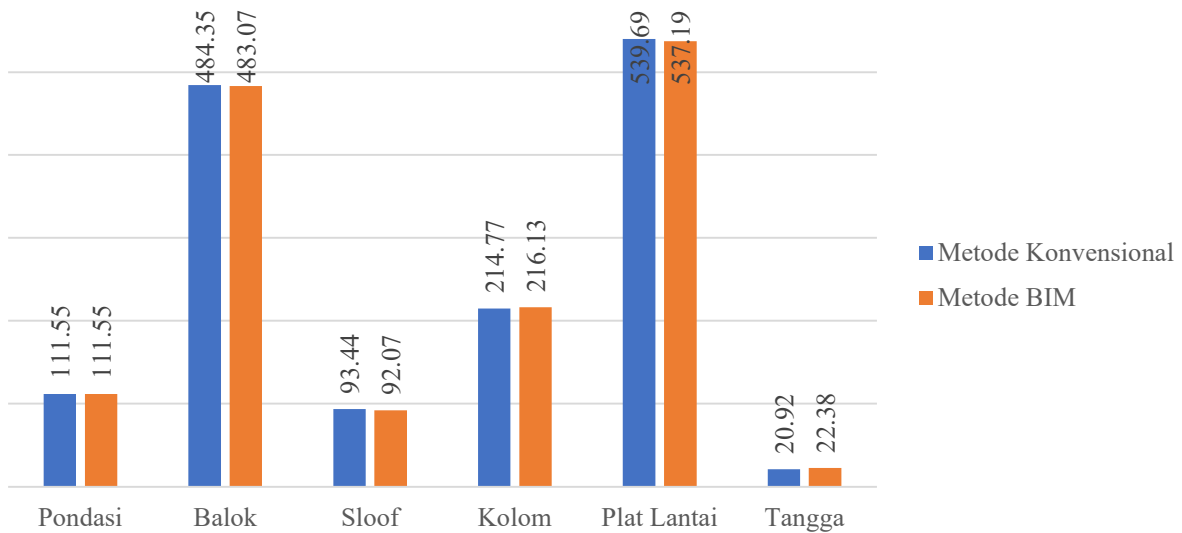
Perbandingan volume pekerjaan pembetonan antara metode BIM dan metode konvensional disajikan pada Tabel 1. Kolom Keterangan menjelaskan mengenai perubahan volume metode BIM yang mengalami peningkatan, sama ataupun penurunan terhadap volume metode konvensional. Pada Gambar 6 disajikan *barchart* perbandingan volume antara metode BIM dan konvensional dengan sumbu x menggambarkan item pekerjaan dan sumbu y menggambarkan volume pekerjaan pembetonan dalam satuan m^3 .

Tabel 1. Rekapitulasi Perbandingan Volume Beton

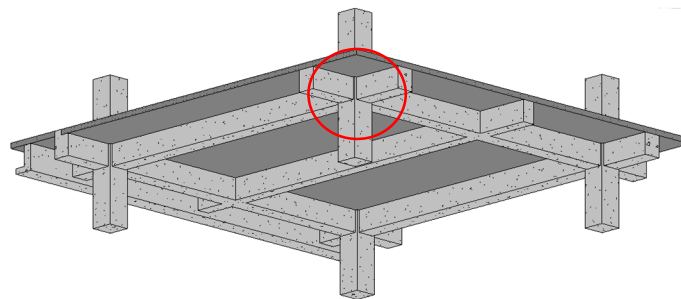
Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan Beton (m^3)		Selisih $c = a-b $	Persentase $d = c / a$	Keterangan
	Metode Konvensional a	Metode BIM b			
Pondasi	111.55	111.55	0.00	0.0%	Sama
Balok	484.35	483.07	1.28	0.3%	Menurun
Sloof	93.44	92.07	1.37	1.5%	Menurun
Kolom	214.77	216.13	1.37	0.6%	Meningkat
Pelat Lantai	539.69	537.19	2.50	0.5%	Menurun
Tangga	20.92	22.38	1.46	7.0%	Meningkat
Total	1464.72	1462.40	2.32	0.2%	Menurun

Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis volume beton pada pekerjaan fondasi antara metode BIM dan metode konvensional memiliki hasil yang sama. Hal ini disebabkan karena bentuk penampang fondasi yang sederhana dan pada penampang fondasi tidak terjadi perpotongan dengan komponen struktur lain sehingga tidak berpotensi mengurangi ataupun menambah volume beton.

Sedangkan hasil analisis volume beton metode BIM pada pekerjaan balok mengalami penurunan dengan selisih $1.28 m^3$. Penurunan ini dapat disebabkan karena dalam analisis metode BIM, panjang balok dihitung pada jarak bersih penampang. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang biasanya perhitungan panjang balok berdasarkan jarak antar *grid* as-as untuk mempermudah perhitungannya. Pada *software* Autodesk Revit, volume balok juga akan secara otomatis berkurang apabila komponen balok berpotongan dengan *element floor* ataupun *column* seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Volume Beton antara Metode BIM dan Konvensional



Gambar 7. Perpotongan Balok dengan *Element Floor* dan *Column*

Berbeda dengan komponen struktur lain yang rata-rata mengalami penurunan volume, pada komponen kolom dan plat tangga hasil analisis volume beton metode BIM mengalami peningkatan. Peningkatan volume pada kolom secara keseluruhan sebesar 1.37m³ dan pada tangga sebesar 1.46m³. Peningkatan volume kolom terjadi pada kolom tipe K1, K2 dan K4. Sedangkan untuk plat tangga, peningkatan volume disebabkan karena struktur tangga memiliki model yang cukup kompleks. Perhitungan dengan metode BIM dapat mengurangi ketidakakuratan dan kesalahan perhitungan volume yang umum terjadi dalam metode konvensional.

Perhitungan volume beton metode BIM pada pekerjaan pelat secara keseluruhan juga mengalami penurunan sebesar 0.5% dibandingkan metode Konvensional. penyebab penurunan volume ini karena luasan area pelat lantai pada metode BIM lebih kecil dibandingkan luasan area pelat lantai metode konvensional.

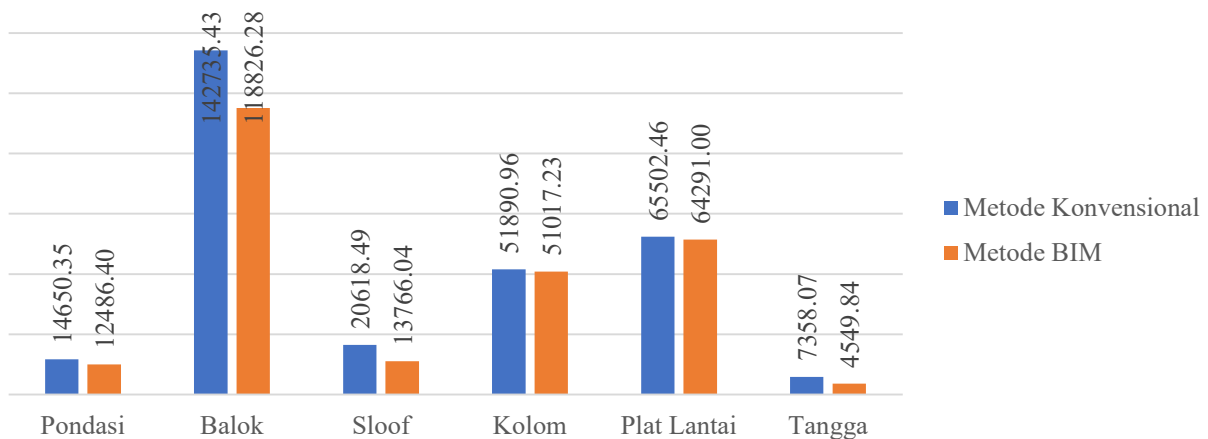
Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa tangga memiliki persentase selisih volume beton yang paling tinggi yaitu sebesar 7%. Sedangkan persentase selisih volume yang terendah terjadi pada struktur fondasi dengan nilai 0%. Secara keseluruhan, volume beton pada pekerjaan struktur dengan metode BIM mengalami penurunan 0.2% terhadap metode konvensional atau sebesar 2.32 m³.

b. Volume Pekerjaan Pembesian

Perbandingan volume pekerjaan pembesian antara metode BIM dan metode konvensional disajikan pada Tabel 2. Pada Gambar 8 disajikan *barchart* perbandingan volume pekerjaan pembesian antara metode BIM dan konvensional dengan sumbu x menggambarkan item pekerjaan dan sumbu y menggambarkan volume pekerjaan pembesian dalam satuan Kg.

Tabel 2. Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Pembesian

Item Pekerjaan	Volume Pekerjaan Pembesian (kg)		Selisih $c = a-b $	Persentase $d = c / a$	Keterangan
	Metode Konvensional	Metode BIM			
	a	b			
Pondasi	14650.35	12486.40	2163.95	14.8%	Menurun
Balok	142735.43	118826.28	23909.15	16.8%	Menurun
Sloof	20618.49	13766.04	6852.45	33.2%	Menurun
Kolom	51890.96	51017.23	873.73	1.7%	Menurun
Plat Lantai	65502.46	64291.00	1211.46	1.8%	Menurun
Tangga	7358.07	4549.84	2808.24	38.2%	Menurun
Total	302755.75	264936.78	37818.97	12.5%	Menurun



Gambar 8. Grafik Perbandingan Volume Pembesian antara Metode BIM dan Konvensional

Secara keseluruhan volume pekerjaan pembesian analisis metode BIM memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan metode konvensional. Berkurangnya volume pembesian dikarenakan analisis pada metode BIM berbasis model. Penulangan dimodelkan secara 3D sehingga volume yang dihasilkan lebih akurat. Berbeda dengan analisis metode konvensional yang perhitungan pembesian berdasarkan rasio besi terhadap beton dengan satuan kg/m³. Padahal untuk setiap segmen komponen struktur memiliki rasio pembesian yang berbeda beda. Sehingga akurasi yang dihasilkan pada metode konvensional tidak sebaik metode BIM.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa Tangga memiliki persentase selisih volume pembesian yang paling tinggi yaitu sebesar 38.2%. Sedangkan persentase selisih volume yang terendah terjadi pada struktur kolom dengan nilai 1.7%. Secara keseluruhan, volume pembesian pada pekerjaan struktur dengan metode BIM mengalami penurunan 12.5% terhadap metode konvensional atau sebesar 37764.2 kg.

4.4 Perbandingan RAB

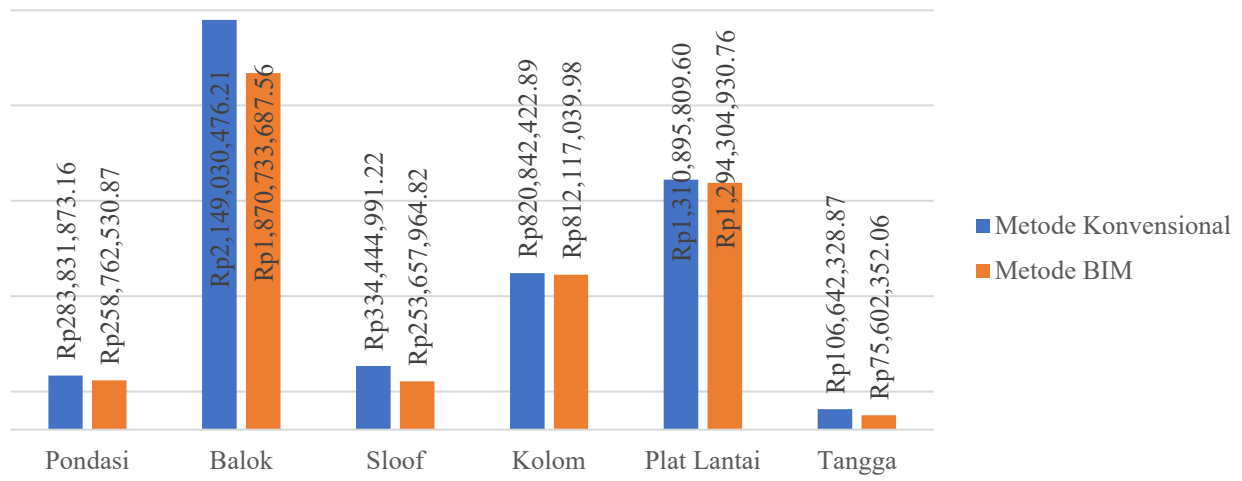
Selain dilakukan perbandingan berdasarkan volume pekerjaan, pada penelitian kali ini juga dilakukan perbandingan berdasarkan RAB. Perbandingan RAB antara metode BIM dan metode konvensional disajikan pada Tabel 3. Kolom keterangan menjelaskan mengenai perubahan RAB metode BIM yang mengalami peningkatan, sama ataupun penurunan terhadap volume metode konvensional. Pada Gambar 9 disajikan *barchart* perbandingan volume antara metode BIM dan konvensional dengan sumbu x menggambarkan item pekerjaan dan sumbu y menggambarkan volume pekerjaan pembetonan dalam satuan m³.

Berdasarkan Tabel 3, RAB metode BIM menghasilkan harga yang lebih murah dibandingkan Metode konvensional. Walaupun pada volume pekerjaan beton untuk beberapa item pekerjaan mengalami peningkatan, namun penurunan volume pekerjaan pembesian lebih signifikan sehingga berdampak pada penurunan RAB

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa tangga memiliki persentase selisih RAB yang paling tinggi yaitu pekerjaan tangga sebesar 29.1%. Sedangkan persentase selisih RAB yang terendah terjadi pada struktur kolom dengan nilai 1.1%. Secara keseluruhan, RAB pada pekerjaan struktur dengan metode BIM mengalami penurunan 8.8 % terhadap metode konvensional atau sebesar Rp.440.509.395.

Tabel 3. Rekapitulasi Perbandingan RAB antara Metode BIM dan Metode Konvensional

Item Pekerjaan	Rencana Anggaran Biaya (IDR)		Selisih (IDR)	Persentase	Keterangan
	Metode Konvensional	Metode BIM			
	a	b	c = a-b	d = c / a	
Pondasi	283,831,873.16	258,762,530.87	25,069,342.29	8.8%	Menurun
Balok	2,149,030,476.21	1,870,733,687.56	278,296,788.65	12.9%	Menurun
Sloof	334,444,991.22	253,657,964.82	80,787,026.40	24.2%	Menurun
Kolom	820,842,422.89	812,117,039.98	8,725,382.92	1.1%	Menurun
Plat Lantai	1,310,895,809.60	1,294,304,930.76	16,590,878.84	1.3%	Menurun
Tangga	106,642,328.87	75,602,352.06	31,039,976.81	29.1%	Menurun
Total	5,005,687,901.95	4,565,178,506.04	440,509,395.91	8.8%	Menurun



Gambar 9. Grafik Perbandingan RAB antara Metode BIM dan Metode Konvensional

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam implementasi konsep BIM, integrasi menggunakan Speckle Manager dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pemodelan, karena pemodelan 3D yang telah dibuat dapat diintegrasikan ke berbagai *software* Open BIM. Penelitian ini menunjukkan bahwa proses pemodelan tidak harus dilakukan dari lebar kerja kosong, namun dapat dengan mengintegrasikan 3D model dari *file* Etabs ke dalam *software* Autodesk Revit yang selanjutnya dilakukan pendetailan.

Penelitian ini juga menunjukan hasil analisis volume pekerjaan dengan menggunakan metode BIM menghasilkan volume pekerjaan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional. Pada studi kasus Proyek Gedung F Fakultas Teknik Unsoed, secara keseluruhan, persentase selisih volume beton antara metode BIM dengan metode konvensional adalah sebesar 0,2%, sedangkan pada volume pembesian, persentase selisih perbandingan antara kedua metode tersebut adalah sebesar 12,5%. Untuk analisis RAB dengan menggunakan metode BIM menghasilkan biaya yang lebih rendah sebesar 8,8% dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan menggunakan BIM, informasi yang terkait dengan pekerjaan struktur, termasuk material, ukuran, spesifikasi, dan estimasi biaya, dapat diintegrasikan dalam model 3D. Hal ini memungkinkan identifikasi yang lebih baik terhadap elemen-elemen pekerjaan struktur dan memperoleh perkiraan biaya yang lebih akurat.

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan meninjau tipe struktur yang berbeda seperti struktur baja untuk mengetahui tingkat kemampuan *Speckle Manager* dalam integrasi dan kolaborasi data serta mengetahui kemampuan BIM terhadap akurasi perhitungan volume material dengan tipe struktur yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- ISO 29481-1. 2016. *BS ISO 29481-1 : 2016 - Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*.
- Iwawo, E. R., Tjakra, J., Pratas, P. A. 2016. Penerapan metode cpm pada proyek konstruksi (studi kasus pembangunan gedung baru kompleks eben haezar manado). *Jurnal Sipil Statik*. 4(9).
- Laorent, D., Nugraha, P., Budiman, J. 2019. Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*. 6(1), 1-8.
- Rahma, S. 2019. *Perencanaan Penjadwalan dan Pemodelan Gedung ISDB Integrated Laboratory For Plsnt and Natural Madicine Universitas Jember Dengan Menggunakan Metode BIM*. Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Rayendra, S., Biemo, W. 2014. Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi. *Simposium Nasional RAPI XIII-2014 FT UMS*.