



ANALISIS KOMPARASI PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN STRUKTUR BERDASARKAN METODE SPMI DAN BIM

Andre Feliks Setiawan¹, Ferdinand Fassa², Nicolas Hasiando Kusuma³

Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Universitas Agung Podomoro

Jl. Let. Jend. S. Parman Kav. 28, Jakarta Barat, 11470, Indonesia

andre.feliks@podomorouniversity.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima : April 2022

Disetujui : Mei 2022

Dipublikasikan : Juni 2022

Keywords:

Volume, BQ (*Bill of Quantity*), SMPI (*Standar Metode Perhitungan Indonesia*), BIM (*Building Information Modeling*), Autodesk Revit.

Abstrak

QTO (*Quantity Take Off*) merupakan suatu pengukuran atau perhitungan volume keseluruhan bangunan secara rinci. Perhitungan QTO dapat dilakukan dengan 2 (dua) metode, yaitu metode perhitungan secara manual dengan menggunakan aturan SMPI (*Standard Metode Pengukuran Indonesia*) dan metode perhitungan secara digital dengan menggunakan BIM (*Building Information Modeling*). BIM yang digunakan pada perhitungan proyek ini adalah perangkat lunak Autodesk Revit. Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, serta mempunyai potensi menghasilkan hasil perhitungan volume yang berbeda. Maka dari itu, kedua metode tersebut digunakan pada proyek akhir ini dan hasil perhitungannya dibandingkan. Hasil total volume pekerjaan dituangkan ke dalam sebuah dokumen konstruksi berupa BQ (*Bill of Quantity*). BQ tersebut menghasilkan perhitungan baik dari perhitungan BIM (Revit) maupun perhitungan manual (SMPI). Perbedaan hasil perhitungan antara perhitungan manual (SMPI) dan perhitungan BIM (Revit) untuk volume penulangan besi sebesar 0,49%; volume beton sebesar 0,14%; sedangkan volume bekisting sebesar 0,07%. Hal ini menandakan bahwa metode perhitungan manual dan metode perhitungan BIM (Revit) memberikan hasil yang kurang lebih sama dan akurat. Perbedaan hasil perhitungan volume yang paling besar terdapat pada perhitungan tulangan besi dikarenakan ketidakakuratan pemodelan 3D yang dilakukan oleh engineer. Pemodelan 3D pada perangkat lunak Revit memerlukan ketelitian, keakuratan, dan keahlian khusus, karena potensi dalam terjadinya kesalahan pemodelan 3D sangat tinggi.

Kata Kunci: Volume, BQ (*Bill of Quantity*), SMPI (*Standar Metode Perhitungan Indonesia*), BIM (*Building Information Modeling*), Autodesk Revit.

Abstract

QTO (*Quantity Take Off*) is a measurement for calculating the volume of the entire building in detail. QTO calculation has 2 (two) methods, namely the manual calculation method using the SMPI (*Standard Metode Pengukuran Indonesia*) and the digital calculation method using BIM (*Building Information Modeling*). The BIM that used in the calculation of this research is Autodesk Revit. Both methods have their respective advantages, disadvantages, and have the potential to produce different volume calculation results. Therefore, both methods are used in this research and the results has been compared. The results of the total volume be written into a construction document called the BQ (*Bill of Quantity*). BQ generate calculations from both BIM (Revit) and manual calculations (SMPI). Difference in calculation results between manual calculation (SMPI) and BIM (Revit) calculation

for rebar is 0,49%; concrete is 0,14%; while formwork is 0,07%. This indicates that the manual calculation method and the BIM calculation method (Revit) provide approximately same and accurate results. The largest difference in volume calculation results is found in the calculation of rebar due to inaccuracies of 3D modeling carried out by engineers. 3D modeling on Revit software requires special skill for precision, accuracy, and expertise, as the potential for 3D modeling errors is very high.

Keyword: Volume, BQ (*Bill of Quantity*), SMPI (*Standar Metode Perhitungan Indonesia*), BIM (*Building Information Modeling*), Autodesk Revit.

© 2022

Universitas Abdurrah

□ Alamat korespondensi:
Alamat: Jl. Let. Jend. S. Parman Kav. 28, Jakarta Barat, 11470, Indonesia
E-mail: andre.feliks@podomorouniversity.ac.id

ISSN 2527-7073

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan suatu proyek bangunan diperlukan perencanaan yang matang dalam seluruh aspek, salah satunya adalah perhitungan kuantitas material pada bangunan. *Quantity Take-Off* (QTO) merupakan suatu pengukuran rinci mengenai material yang dibutuhkan untuk estimasi suatu proyek konstruksi (Holm et al., 2005). Perhitungan QTO dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara. Pada umumnya, perhitungan QTO dilakukan secara manual, yaitu dengan menggunakan metode SMPI (*Standar Metode Pengukuran Indonesia*). Namun dengan berkembangnya teknologi di dunia konstruksi, maka memungkinkan adanya perhitungan QTO dilakukan secara digital. Perhitungan QTO digital dilakukan dengan menggunakan teknologi *Building Information Modeling* (BIM).

Dalam melakukan perhitungan *quantity take off*, diperlukan standar pengukuran yang harus dipakai. Jika melakukan perhitungan *quantity take off* tanpa menggunakan standar pengukuran, maka berpotensi adanya perbedaan dalam cara menghitung, menetapkan satuan yang dipakai, dan cara membuat setiap *item* pekerjaan. Standar pengukuran yang dipakai dalam industri konstruksi internasional adalah SMM7 (*Standard Method of Measurement of Building Works Seventh Edition*). Ada beberapa standar pengukuran yang biasa dipakai di Indonesia seperti: SMM7 (*Standard Method of Measurement of Building Works Seventh Edition*); POMI (*Principle of Measurement International*); *Hongkong Standard Method of Measurement of Building Works*; dan ISMM (*Indonesian Standard Method of Measurement*). Dengan munculnya beberapa standar pengukuran di Indonesia, menyebabkan masih adanya perbedaan dalam pengukuran. Pada halaman *website* resmi dari IQSI (Ikatan Quantity Surveyor Indonesia) menyatakan bahwa ISMM disusun oleh Mr. Peter Robinson dan Mr. Steve Osborne dari PT. Langdon and Seah Indonesia berdasarkan *Master Format: Master List of Numbers and Title for the Construction Industry*, yang diterbitkan oleh *The Construction Specifications Institute*. Dalam penyusunan standar ISMM, jenis material, sebutan, istilah, dan metode kerja sudah

disesuaikan dan diadopsi sehingga pelaku konstruksi di Indonesia akan lebih mudah memakai standar ISMM. Setelah ISMM sudah dibuat, lalu ISMM diserahkan kepada IQSI dan IQSI mengubah nama ISMM menjadi SMPI (Standar Metode Pengukuran Indonesia).

BIM merupakan aplikasi 3D Modeling dimana suatu proyek konstruksi dapat dimodelkan pada aplikasi tersebut, selain itu beberapa perangkat lunak BIM mampu melakukan estimasi kuantitas. Menurut Hardin (2009), *Building Information Modeling* adalah suatu proses dan teknologi revolusioner yang dapat digunakan untuk mempermudah bangunan agar dapat dipahami, digambar, dibangun, dan dioperasikan dengan cepat. Penggunaan teknologi BIM sudah berkembang dan cukup marak di Indonesia. Dengan perkembangan teknologi saat ini, kondisi setiap bangunan yang ada dapat diketahui, sehingga harus ada perhatian khusus dengan perkembangan teknologi yang ada. Bahkan pada tahun 2018, Kementerian PUPR mengeluarkan modul mengenai prinsip dasar sistem teknologi BIM dan implementasinya di Indonesia. Pertama kali konsep BIM sudah ditemukan pada akhir tahun 1970 sampai awal tahun 1980, namun industri konstruksi di seluruh dunia baru mulai mengimplementasikan BIM di proyek konstruksi pada pertengahan tahun 2000. Penggunaan BIM dalam perhitungan QTO akan memberikan efisiensi. Hal ini dikarenakan BIM mempunyai kemampuan untuk menghubungkan elemen individual dengan material yang diwakilinya pada 3D model. Penggunaan BIM akan sangat membantu dalam pengerjaan perhitungan QTO dalam segi efisiensi, sehingga waktu pengerjaan perhitungan QTO dapat selesai lebih cepat. BIM mempunyai kemampuan untuk meningkatkan keakuratan estimasi dan menghitung QTO pada proyek konstruksi di saat yang bersamaan (Olsen & Taylor, 2017). Beberapa perangkat lunak seperti *Autodesk Revit*, *Vico*, *Bentley*, *Autodesk Navisworks* dan *Assemble* dapat digunakan untuk melakukan perhitungan QTO. Pada proyek akhir ini, perangkat lunak yang akan digunakan adalah *Autodesk Revit*. *Revit* adalah perangkat lunak BIM yang dapat digunakan untuk desain arsitektural, MEP, desain struktural, dan konstruksi.

Semakin maraknya penggunaan BIM pada proyek konstruksi, membuat penggunaan BIM menuai pro dan kontra. Elbetagi (2014), mengatakan bahwa beberapa perusahaan konstruksi berinvestasi untuk menggunakan BIM dikarenakan oleh metode manual memerlukan waktu yang cukup lama dan cukup berisiko untuk mengorbankan waktu. Tentunya dengan uraian yang diberikan oleh Elbetagi merupakan uraian yang cukup positif dan mendukung penggunaan BIM dalam pelaksanaan perhitungan volume pada proyek konstruksi. Namun dalam penggunaan BIM pada perhitungan QTO juga menuai kontra. Hal ini dikarenakan oleh sebelum menggunakan BIM, perusahaan konstruksi membutuhkan waktu lebih banyak untuk melatih karyawan dalam penggunaan BIM, membutuhkan biaya untuk meningkatkan perangkat lunak dan keras, dan adanya perubahan proses pekerjaan pada proyek konstruksi. Selain itu,

walaupun teknologi BIM ada untuk mempermudah pekerjaan, BIM masih dapat melakukan kesalahan dalam keakuratan data. Hal ini dikarenakan oleh kesalahan dalam memasukkan data, dengan kata lain, kesalahan terjadi dikarenakan oleh *human error*. Selain itu, jika model BIM yang digunakan belum selesai atau salah, hasil perhitungan yang didapat menjadi tidak memenuhi kriteria dan tidak akurat (Khosakitchalert, Yabuki, & Fukuda, 2019). Hal-hal inilah yang menyebabkan adanya kontra dalam penggunaan BIM untuk melakukan perhitungan volume pada proyek konstruksi.

Dengan adanya pro dan kontra dalam penggunaan BIM, maka perhitungan manual dan perhitungan digital (BIM) dapat memberikan hasil yang berbeda. Perbedaan inilah yang menjadi dasar dari penelitian ini. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melihat apakah terdapat perbedaan hasil perhitungan volume dengan menggunakan metode SMPI dan menggunakan perangkat lunak Revit serta menganalisis perbedaan hasil perhitungan volume tersebut. Selain itu penelitian ini pun memiliki batasan dimana perhitungan yang dilakukan dibatasi hanya untuk volume pekerjaan struktur saja.

TINJAUAN PUSTAKA

Quantity Take-Off

Quantity Take-Off atau yang disebut QTO adalah proses penyusunan BQ dimulai dari pengukuran volume/kuantitas *item* pekerjaan berdasarkan gambar detil yang dikeluarkan tim desain (Utama, Peli, & Jumas, 2008). Secara detail kegiatan *quantity take off* adalah memasukan atau memindahkan dimensi komponen konstruksi dari gambar ke perangkat lunak komputer atau kertas kerja untuk menghitung item pekerjaan yang diukur (Towey, 2013). Beberapa hal penting saat melakukan proses QTO antara lain adalah: ketepatan pengukuran volume/kuantitas, deskripsi item pekerjaan serta satuan pengukuran yang harus diperhatikan. QTO dapat menjadi suatu pengukuran untuk keseluruhan pekerjaan pada suatu proyek bangunan. Informasi perhitungan QTO akan ditulis pada RAB (Rencana Anggaran Biaya). Dokumen-dokumen inilah yang akan menjadi struktur mengenai informasi tentang pengukuran, produktivitas, dan biaya, menurut pekerjaan konstruksi yang ada pada lapangan (Monteiro & Martins, 2013). Menurut Peurifoy & Oberlender (2013), sebelum melakukan proses QTO, ada informasi-informasi penting tentang bagaimana proyek konstruksi dapat dibangun yang harus cari terlebih dahulu. Hal-hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan QTO sebagai berikut:

- a. Sumber gambar

Sumber gambar yang diterima jelas dan merupakan gambar terbaru yang sudah ditandai dengan stempel dengan tanggal gambar yang terbaru. Perhatikan nomor gambar dan tanggal dibuat dan diterima agar tidak keliru dalam memilih gambar;

b. Mempelajari gambar

Gambar dalam dunia konstruksi umumnya dibuat oleh berbagai konsultan perencana yaitu arsitek, sipil, MEP. Oleh karena itu memungkinkan gambar tidak terintegrasi dengan baik. Untuk itu perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap gambar;

c. Unit/satuan

Satuan yang dipakai dalam mengukur dan yang tertera pada BQ harus sama. Pada umumnya, ada 5 satuan dasar yang dipakai yaitu: jumlah, panjang, luas, volume, berat. Ada pula satuan ls (lumpsum) untuk pekerjaan borongan.

Menurut Monteiro dan Martins (2013), QTO dapat diaplikasikan pada seluruh tahapan pada proses konstruksi. Fungsi QTO pada setiap tahapan konstruksi sebagai berikut:

- a. Pada tahap awal, QTO akan menyediakan estimasi biaya preliminari pada proyek;
- b. Pada tahap tender, QTO digunakan untuk membantu dalam estimasi biaya proyek dan durasi dari keseluruhan aktivitas konstruksi;
- c. Pada tahap sebelum konstruksi, QTO dipakai untuk memprediksi dan menjadi perencanaan pada aktivitas konstruksi;
- d. Pada tahap konstruksi, QTO digunakan untuk mengendalikan keadaan ekonomi dari proyek.

Secara tradisional, QTO adalah proses manual yang dilakukan untuk mengukur/menghitung semua elemen pada bangunan. Namun, proses manual ini mempunyai risiko yang tinggi karena proses manual sangat bergantung terhadap interpretasi manusia. Menurut Monteiro dan Martins (2013), dokumen 2D, yaitu dokumen yang dibuat secara manual baik gambar yang digambar oleh tangan maupun dengan bantuan alat lainnya, tetap ada risiko kesalahan. Dokumen 2D atau yang disebut dokumen manual dikembangkan oleh proses manual oleh manusia, sehingga kesalahan dalam memasukkan data dan kesalahan interpretasi data menjadi hal yang umum terjadi. Kelebihan dan kekurangan dengan menggunakan metode SMPI (Standar Metode Pengukuran Indonesia) dan dengan menggunakan Revit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan dari metode SMPI dan Revit

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Metode SMPI	Tidak perlu mengeluarkan dana untuk membeli aplikasi BIM, tidak perlu <i>training</i>	Waktu pengerjaan lebih lama, butuh konsentrasi tinggi dalam menghitung, membutuhkan SDM

	untuk bisa mengoperasikan BIM	lebih banyak
BIM (Revit)	Waktu pengerjaan lebih cepat, dapat mempermudah koordinasi antar subkontraktor, biaya <i>mock up</i> lebih efisien, kesalahan teknis dapat ditemukan diawal, dapat diintegrasikan dengan aplikasi lainnya seperti AutoCAD	Butuh konsentrasi tinggi dalam melakukan pemodelan 3 dimensi, harga dari aplikasi BIM cukup mahal, membutuhkan spesifikasi <i>hardware</i> yang kuat, kurang mampu mendetailkan gambar dengan skala yang cukup kecil dengan optimal

Sumber: (Berlian, Adhi, Hidayat, & Nugroho, 2016)

Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling adalah suatu proses dan teknologi yang dapat digunakan untuk mengubah cara suatu bangunan untuk dimodelkan, didesain, dibangun, dan dioperasikan dari metode konvensional ke metode digital (Hardin, 2009). Hardin (2009), juga mengatakan bahwa penggunaan BIM bukan hanya sekedar perangkat lunak, namun BIM adalah sebuah proses yang ada di dalam perangkat lunak. Penggunaan BIM bukan hanya berarti menggunakan *3D modeling* pada suatu proyek konstruksi, namun penggunaan BIM juga untuk menciptakan perubahan yang signifikan pada alur kerja dan proses pelaksanaan proyek.

BIM mempunyai kemampuan untuk *3D Laser Scanning Equipment*, yang dimana *3D Laser Scanning Equipment* dapat memindai semua utilitas yang ada pada bangunan secara akurat dan mengintegrasikan kepada model yang ada pada BIM. Hal ini memberikan keuntungan kepada pengguna BIM karena model bangunan yang dimasukkan ke dalam BIM akan disimpan dan dapat dipakai pada waktu yang akan datang untuk dapat direnovasi (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Menurut Azhar dkk (2012), BIM memberikan manfaat kepada proyek konstruksi yang dapat dibagi dalam 3 (tiga) tahap, yaitu tahap *Schematic Design* (SD), *Detailed Design* (DD), dan *Construction Detailing* (CD). Tabel 2 memberikan manfaat pengaplikasian BIM pada setiap tahap desain proyek.

Tabel 2 Aplikasi BIM dalam fase desain proyek

<i>Schematic Design</i>	<i>Detailed Design</i>	<i>Construction Detailing</i>
Analisis Opsi (untuk membandingkan beberapa	Model Exterior dan Interior secara 3D	Analisis Sistem Bangunan (contoh: pendeteksi

opsi desain)		kerusakan)
Photo Montage (untuk mengintegrasikan foto realistis proyek dengan kondisi yang ada)	Analisis struktur dan desain	Gambar kerja

Sumber: Azhar, S., dkk (2012)

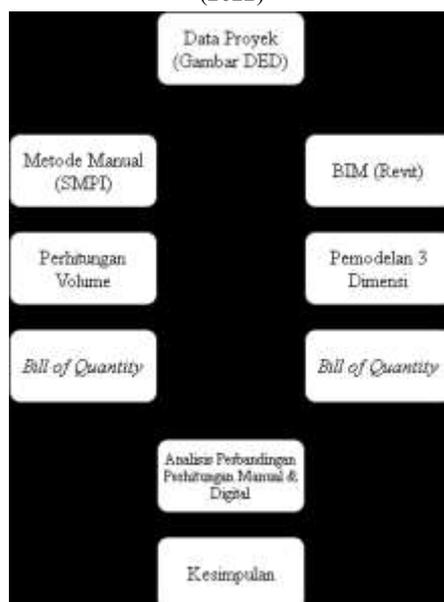
Menurut Azhar, S., dkk (2012), penggunaan BIM dapat dibagi menjadi tiga fase konstruksi, yaitu fase pre-konstruksi, fase konstruksi, dan fase post-konstruksi. Penggunaan BIM pada fase pre-konstruksi dibagi menjadi dilakukan untuk estimasi, dimana dontraktor dapat menghitung dan mengestimasi setiap pekerjaan secara rinci melalui BIM. Selain pada fase pre-konstruksi juga dilakukan untuk koordinasi lokasi dengan menggunakan model koordinasi lokasi 3D atau 4D, kontraktor dapat merencanakan logistik lokasi, mengembangkan tata letak lalu lintas, dan mengidentifikasi potensi bahaya di lokasi kerja yang dapat membantu dalam menyiapkan rencana keselamatan lokasi yang lebih realistis; dan analisis konstrukabilitas dengan menggunakan model BIM, tim proyek dapat melakukan analisis konstrukabilitas secara rinci untuk merencanakan urutan operasi di lokasi kerja.

Sedangkan penggunaan BIM pada fase konstruksi digunakan untuk pemantauan kemajuan proyek menggunakan rencana pentahapan 4D, sebagai acuan pada rapat koordinasi, dan pengintegrasian RFI (*Request For Information*) dan mengendalikan jika adanya perubahan pekerjaan. Selama fase konstruksi, model BIM harus tetap diperbarui agar BIM dapat memberikan informasi yang seaktual mungkin sehingga diwaktu yang akan datang, BIM dapat dipakai untuk fungsi pengoperasian dan pemeliharaan bangunan.

Selama fase post-konstruksi, BIM memberikan informasi lengkap tentang fasilitas yang ada melalui perencanaan, desain, dan konstruksi proyek tersebut. Informasi yang terdapat pada BIM dapat dimanfaatkan oleh tim proyek sehingga membuat pengoperasian dan pemeliharaan bangunan dapat menjadi lebih efisien. Hal ini dikarenakan Newton (2004) dalam Azhar, dkk (2012) mengatakan bahwa 85% dari *Life Cycle Cost* pada suatu bangunan merupakan fase post-konstruksi yaitu ketika pengoperasian dan pemeliharaan bangunan. Ada sekitar 10 miliar dolar Amerika setiap tahunnya hilang dikarenakan akses informasi yang tidak memadai dan adanya masalah interoperabilitas selama fase operasi dan pemeliharaan berlangsung.

METODE

Dalam melakukan perhitungan pada sebuah proyek, diperlukan alur pelaksanaan agar keseluruhan pengerjaan proyek dapat lebih mudah dipahami dan lebih mudah untuk dikerjakan. Alur pelaksanaan proyek dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

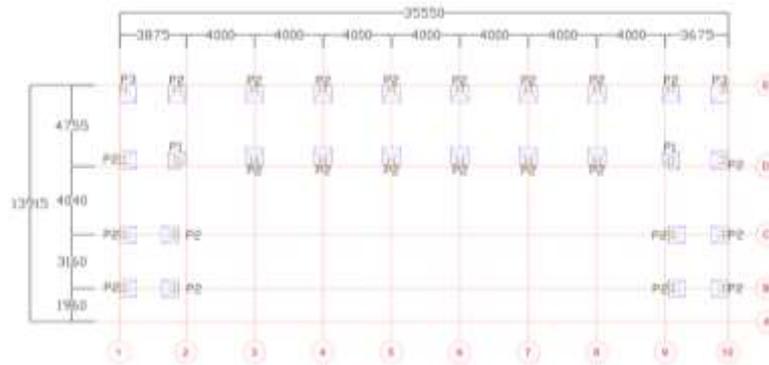


Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

Untuk memulai suatu pelaksanaan perhitungan volume pada suatu proyek, diperlukan data proyek. Pada proyek akhir ini, data proyek yang ada didapatkan dalam bentuk gambar DED (*Detail Engineering Design*). Setelah gambar DED didapatkan, langkah selanjutnya adalah memilih metode perhitungan yaitu dengan cara manual (Metode SMPI) atau dengan cara digital yaitu BIM (Revit). Jika menggunakan cara manual (Metode SMPI), maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah melakukan perhitungan volume bangunan secara rinci dengan SMPI. Jika menggunakan cara digital yaitu dengan menggunakan BIM (Revit), maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah melakukan pemodelan 3 dimensi pada aplikasi BIM (Revit). Hasil dari kedua cara yaitu dari cara manual dan digital adalah dalam bentuk BQ (*Bill of Quantity*). Dengan adanya hasil BQ manual dan BQ digital, maka dapat dilakukan analisis perbandingan dari kedua hasil perhitungan baik dari cara manual maupun cara digital.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian dalam penelitian ini adalah sebuah proyek bangunan sekolah 3 (tiga) lantai. Terdapat 3 (tiga) jenis pondasi yang digunakan dalam proyek ini, denah pondasi bangunan sekolah dapat dilihat pada Gambar 2.



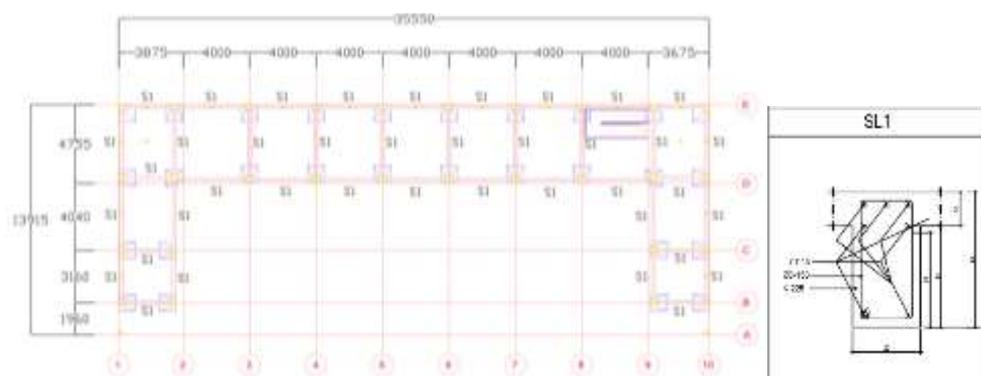
Gambar 2. Denah dan Detail Pondasi Bangunan Sekolah

Elemen struktur kolom dan kolom praktis pada proyek bangunan sekolah ini masing-masing hanya memiliki 1 (satu) jenis. Denah dan detail elemen kolom bangunan sekolah dapat dilihat pada Gambar 3.



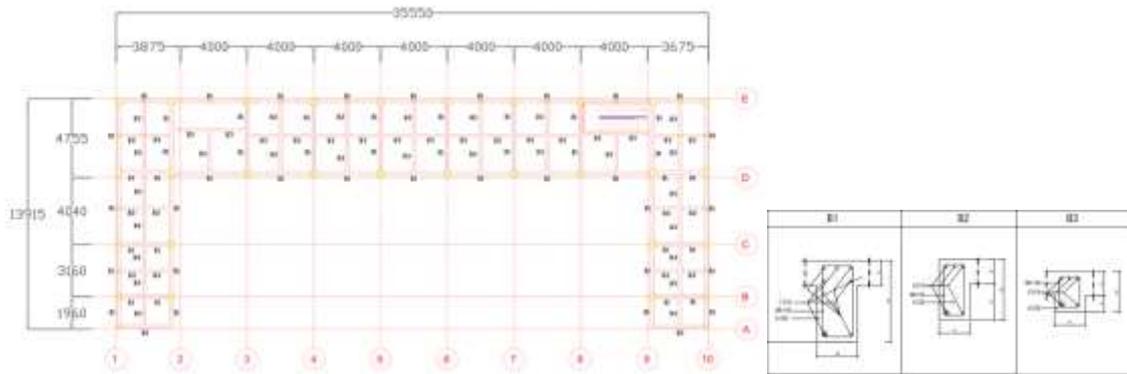
Gambar 3. Denah dan Detail kolom dan kolom praktis (Lantai 1-3) Bangunan Sekolah

Elemen sloof pada proyek bangunan sekolah ini hanya memiliki 1 (satu) jenis saja. Denah dan detail elemen sloof dapat dilihat pada Gambar 4.



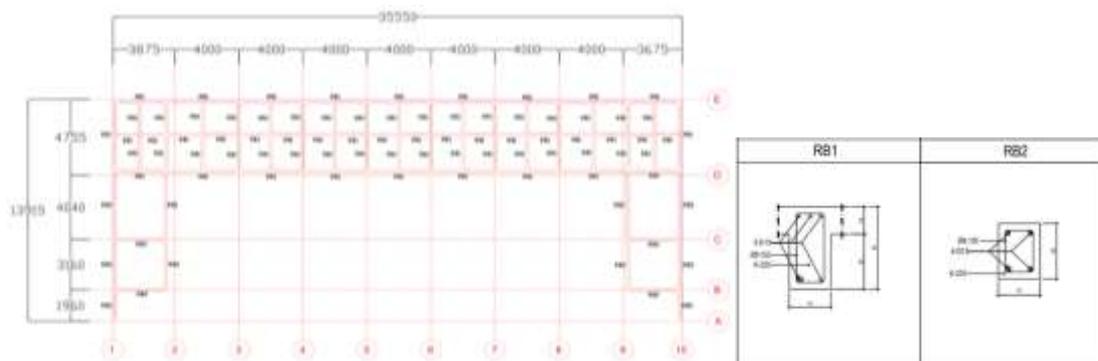
Gambar 4. Denah dan Detail Elemen Sloof Bangunan Sekolah

Sedangkan untuk elemen balok pada proyek bangunan sekolah ini dibagi menjadi 3 (tiga) jenis. Denah dan detail elemen balok bangunan sekolah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Denah dan Detail Balok (Lantai 1-2) Bangunan Sekolah

Ring balok pada bangunan sekolah terdapat pada lantai 3. Jenis ring balok yang digunakan pada proyek bangunan sekolah ini dibagi menjadi 2 (dua) jenis dengan kode RB1 dan RB2. Denah dan detail ring balok bangunan sekolah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Denah dan ring balok (Lantai 3) Bangunan Sekolah

Elemen pelat untuk masing-masing lantai memiliki ketebalan yang berbeda-beda. Mutu beton yang digunakan untuk pelat lantai adalah beton K-225. Ketebalan pelat untuk masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tebal pelat lantai pada setiap lantai bangunan sekolah

Kode Pelat Lantai	Ketebalan Pelat Lantai	Kualitas Beton
PL S (Lantai Dasar)	100 mm	K-225
PL1 (Lantai 1)	120 mm	K-225
PL2 (Lantai 2)	120 mm	K-225
PL3 (Lantai 3)	100 mm	K-225

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemodelan 3 dimensi bangunan sekolah untuk seluruh elemen struktur yang dimodelkan pada perangkat lunak revit dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan 3 Dimensi Bangunan Sekolah

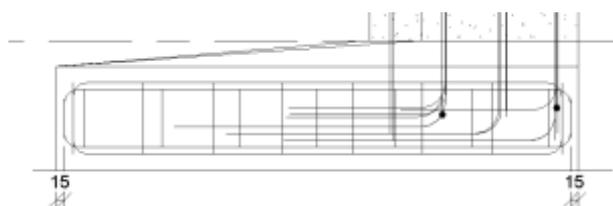
Hasil dari perhitungan volume secara umum dibagi menjadi 3 bagian, yaitu perhitungan volume tulangan besi, volume beton, dan volume bekisting. Perhitungan volume tulangan besi untuk elemen struktur pondasi, kolom, kolom praktis, sloof, balok, ring balok, dan pelat dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Table 4 tersebut didapat perbedaan perhitungan volume tulangan besi terbesar terdapat pada elemen pondasi, yaitu sebesar 1,82%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan ketebalan selimut beton antara pemodelan 3D pada perangkat lunak revit dengan perhitungan SPMI. Pada perhitungan manual menggunakan selimut beton sebesar 40 cm, sedangkan ketebalan selimut beton yang digunakan pada pemodelan 3D tidak seragam. Ketidakteraturan selimut beton pada pondasi dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Tulangan Besi

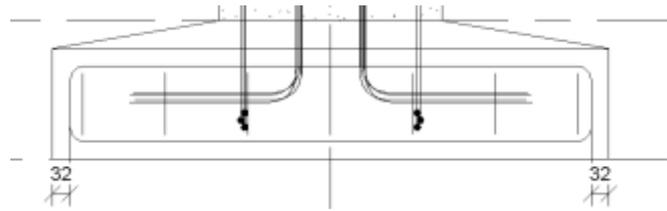
Elemen Struktur	Lantai	Tipe Elemen	Jenis Tulangan	Metode Digital (Revit)		Metode SPMI	Perbedaan (%)
				Berat Besi (kg)	Total Berat Besi (kg)	Total Berat Besi (kg)	
Pondasi	-	P1-P4	Standard	969,96	969,96	952,59	1,82
Kolom	-	K1	Utama	3892,32	5104,16	5100,6	0,07
			Sengkang	1211,84			
Kolom Praktis	-	KP1	Utama	562,4	840,31	845,88	0,66
			Sengkang	277,91			
Sloof	Dasar	S1	Utama	1160,88	1581,38	1572,46	0,57
			Sengkang	420,5			
Balok	1	B1	Utama	1222,83	1667,34	2407,25	2410,2
			Sengkang	444,51			

Elemen Struktur	Lantai	Tipe Elemen	Jenis Tulangan	Metode Digital (Revit)		Metode SPMI	Perbedaan (%)		
				Berat Besi (kg)	Total Berat Besi (kg)	Total Berat Besi (kg)			
	2	B2	Utama	33,98	46,88	2407,25	2410,2	0,12	
			Sengkang	12,9					
		B3	Utama	542,12	693,03				
			Sengkang	150,91					
		B1	Utama	1222,83	1667,34				
			Sengkang	444,51					
	B2	Utama	33,98	46,88					
		Sengkang	12,9						
	B3	Utama	542,12	693,03					
		Sengkang	150,91						
	Ring Balok	3	RB1	Utama	998,2	1379,43	1652,54	1674,23	1,3
				Sengkang	381,23				
RB2			Utama	198,32	273,11				
			Sengkang	74,79					
Pelat Lantai	Dasar	PL S	Utama	2401,6	2401,6	2425,67	0,99		
	1	PL LT 1	Utama	2312,92	2312,92	2351,85	1,66		
	2	PL LT 2	Utama	2312,92	2312,92	2351,85	1,66		
	Atap	PL LT 3	Utama	2411,12	2411,12	2425,67	0,6		
TOTAL					24401,41	24521,2	0,49		



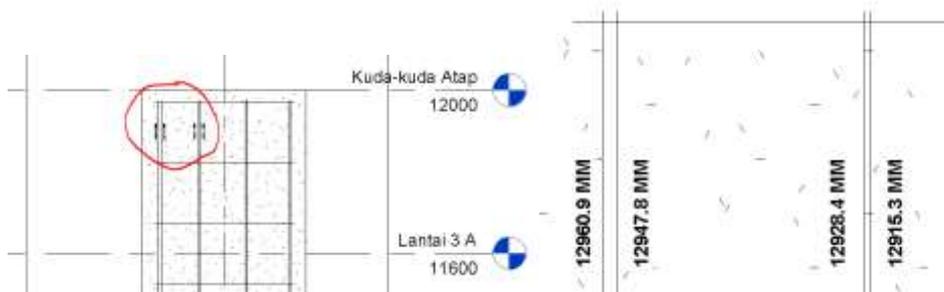
Gambar 8. Selimut Beton (15 cm) Pada Salah Satu Pondasi

Pada Gambar 11 terlihat bahwa pemodelan selimut beton yang dimodelkan setebal 15 cm, sedangkan perhitungan dengan menggunakan metode SPMI adalah 40 cm. Pada Gambar 5 pun terjadi hal yang sama dimana ketebalan selimut beton yang dimodelkan pada perangkat lunak revit adalah 32 cm, sedangkan perhitungan menggunakan metode SPMI adalah 40 cm.



Gambar 9. Selimut Beton (32 cm) Pada Salah Satu Pondasi

Selain itu perbedaan perhitungan volume tulangan besi juga disebabkan oleh ketidakseragaman pemodelan 3D pada perangkat lunak Revit. Tidak semua tulangan besi demodelkan dengan panjang yang sama. Hal ini memerlukan keahlian khusus dalam menggunakan perangkat lunak BIM, karena potensi dalam terjadinya kesalahan pemodelan 3D sangat tinggi ketidakseragaman panjang tulangan besi seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Panjang Tulangan Besi Yang Tidak Seragam

Perhitungan volume tulangan besi untuk elemen struktur pondasi, kolom, kolom praktis, sloof, balok, ring balok, dan pelat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Beton

Elemen Struktur	Lantai	Tipe Elemen	Perhitungan Revit		Perhitungan Manual		Perbedaan (%)
			Volume Beton (m ³)	Total Volume Beton (m ³)	Volume Beton (m ³)	Total Volume Beton (m ³)	
Pondasi	-	P1-P4	-	6,12	-	6,12	0
Kolom	-	K1	-	43,12	-	43,01	0,26
Kolom Praktis	-	KP1	-	5,13	-	5,13	0
Sloof	Dasar	S1	-	11,4	-	11,37	0,26
Balok	1	B1	11,67	14,98	11,68	14,99	0,08
		B2	0,28		0,28		
		B3	3,03		3,03		
	2	B1	11,67	14,98	11,68	14,99	0,08
		B2	0,28		0,28		

		B3	3,03		3,03		
Ring Balok	3	RB1	8,01	9,27	8,02	9,25	0,2
		RB2	1,26		1,23		
Pelat Lantai	Dasar	PL S	-	22,68	-	22,55	0,56
	1	PL LT 1		26,26		26,27	0,03
	2	PL LT 2		26,26		26,27	0,03
	Atap	PL LT 3		22,97		22,93	0,16
TOTAL			-	203,17	-	202,88	0,14

Perbedaan rata-rata perhitungan volume beton pada Tabel 5 adalah sebesar 0,14%. Adanya perbedaan perhitungan volume beton ini dikarenakan oleh adanya pembulatan pada perhitungan dengan metode SPMI.

Sedangkan untuk perhitungan volume tulangan besi elemen struktur pondasi, kolom, kolom praktis, sloof, balok, ring balok, dan pelat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Bekisting

Elemen Struktur	Perhitungan Volume Revit (m ²)	Perhitungan Volume Manual (m ²)	Perbedaan (%)
Pondasi	28	28	0
Kolom	501,76	501,76	0
Kolom Praktis	136,8	136,8	0
Sloof	142,16	142,07	0,06
Balok Lantai 1	206,26	206,23	0,01
Balok Lantai 2	206,26	206,23	0,01
Ring Balok Lantai 3	156,25	156,25	0
Pelat Lantai Sloof (Lt. Dasar)	226,82	225,54	0,57
Pelat Lantai 1	218,84	218,89	0,02
Pelat Lantai 2	218,84	218,89	0,02
Pelat Lantai 3 (Dak Atap)	229,68	229,33	0,15
TOTAL	2271,66	2269,99	0,07

Tabel 6 menunjukkan perbedaan rata-rata perhitungan volume bekisting secara keseluruhan adalah 0,07%. Nilai ini adalah nilai terkecil jika dibandingkan dengan perbedaan rata-rata perhitungan volume beton sebesar 0,14% dan perhitungan volume tulangan besi sebesar 0,49%.

SIMPULAN

Perbedaan hasil perhitungan antara perhitungan manual (SMPI) dan perhitungan BIM (Revit) untuk volume penulangan besi sebesar 0,49%; volume beton sebesar 0,14%; sedangkan volume bekisting sebesar 0,07%. Hal ini menandakan bahwa metode perhitungan manual dan metode perhitungan BIM (Revit) memberikan hasil yang kurang lebih sama dan akurat. Perbedaan hasil perhitungan volume yang paling besar terdapat pada perhitungan tulangan besi. Perbedaan hasil perhitungan ini disebabkan oleh ketidakakuratan pemodelan 3D yang dilakukan oleh *engineer* sehingga menyebabkan adanya perbedaan panjang dari baja tulangan beton. Sedangkan perbedaan hasil perhitungan pada beton dan bekisting relative cukup kecil, hal ini disebabkan adanya perbedaan pembulatan angka. Pemodelan 3D pada perangkat lunak Revit memerlukan ketelitian, keakuratan, dan keahlian khusus, karena potensi dalam terjadinya kesalahan pemodelan 3D sangat tinggi. Maka dari itu, untuk mengatasi masalah tersebut, hal yang harus dilakukan adalah memastikan pemodelan 3D (Revit) pada setiap elemen struktur bangunan harus tepat dan rinci pada setiap *item* pekerjaan yang *detail*, sehingga hasil yang didapatkan merupakan hasil perhitungan yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Holm, L., Schaufelberger, J., Griffin, D., & Cole, T. (2005). *Construction Cost Estimating Process and Practices*. Prentice Hall.
- Olsen, D., & Taylor, J. M. (2017). Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors . *Creative Construction Conference 2017* (pp. 1098 – 1105). Primošten, Croatia: Procedia Engineering 196.
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2019). Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound. *Automation in Construction* 106, 1-20.
- Utama, W. P., Peli, M., & Jumas, D. Y. (2008). Standardisasi Pengukuran Kuantitas Pekerjaan Konstruksi di Indonesia: Suatu Gagasan. *Prosiding PPIS Bandung*. Bandung.
- Towey, D. (2013). *Cost Management of Construction Projects*. United Kingdom: Willey Blackwell.
- Monteiro, A., & Martins, J. P. (2013). A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*, 238-253.
- Berlian, C. A., Adhi, R. A., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya manusia antara metode Building Information Modeling (BIM) dan konvensional. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 220-229.

Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management*. Indianapolis: Wiley Publishing, IN.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond . *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 15-28.

Peurifoy, R., & Oberlender, G. (2013). *Estimating Construction Costs*. Boston: McGraw Hill.