INFO TEKNIK
Volume 25 No. 1 Juli 2024 (53-68)

ANALISIS PERHITUNGAN TAKE OFF QUANTITY MELALUI METODE BIM (BUILDING INFORMATION MODELLING) PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK GEDUNG KANTOR KEJAKSAAN NEGERI KOTA BALIKPAPAN

Tri Yulianto Nugroho dan Oryzha Lhara Sari

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan
E-mail: trjulianugroho@gmail.com , oryza@lecturer.itk.ac.id

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) is a method that represents an integrated construction work that can save time and cost compared to conventional methods. In Indonesia, the application of BIM technology is very lacking and is still being developed. This study aims to obtain a volume and cost comparison between the manual calculation method and BIM and determine the work that has the greatest potential for errors and deviations. This research uses a case study on the construction project of the Balikpapan City Attorney's Office Building. The research began to collect working drawings, detailed data on the volume of work contract documents, manual calculations, daily reports, and interviews. This research uses Revit and Cubicost BIM software to perform 3D modeling. 3D modeling produces output in the form of taking quantity data for casting, reinforcement, formwork, and steel fabrication work. The take of quantity data from BIM is used as a comparison reference for manual calculation methods and will be analyzed for the factors causing the difference with the Pareto method. Based on the comparison results and Pareto graphs, the BIM calculation deviation is obtained with the types of work that have the largest calculation deviation based on casting work (columns, beams, and plates), formwork work (stairs and walls), and Rebar (columns, beams, slabs, pile cap, and structural walls). The total cost of work on the job is Rp. 553,374,788.00.

Keyword: BIM, Cubicost, Revit, Volume

1. PENDAHULUAN

Building Information Modeling (BIM) adalah sebuah sistem terobosan digital serta karakteristik fungsional dari sebuah proyek konstruksi (Lu dkk,2019). Karena didalamnya terkandung semua informasi tentang elemen-elemen bangunan tersebut yang nantinya menjadi acuan dalam pengambilan keputusan. BIM merupakan sebuah metode yang menerapkan berbagai dimensi dalam pengembangan teknologi informasi yang membantu merepresentasikan metode pekerjaan konstruksi dan desain secara virtual. Menurut Hardin dan McCool (2015) dalam manajemen proyek, BIM menjadi sebuah konsep yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas pada setiap rantai pasok konstruksi untuk merancang dan menganalisa bangunan secara digital sebelum tahap pelaksanaan konstruksi, sehingga meminimalisir resiko pembengkakan biaya.

Berdasarkan penelitian Hanifah (2016) tentang kesadaran dan pemanfaatan BIM, tingkat penggunaan BIM yang masih rendah yaitu sebesar 38% yang menggunakan BIM. Berdasarkan data rendahnya adopsi BIM di Indonesia, Kementerian PUPR memulai secara resmi proses penerapan BIM di Indonesia ditahun 2017 dengan mengeluarkan beberapa kebijakan dan program yang mulai dikembangkan saat ini (Sopaheluwakan & Adi,2020). Salah upaya yang dilakukan adalah penerbitan SK Kabalitbang tentang pembentukan tim BIM PUPR dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor 22/PRT/M/2018 tentang pedoman pembangunan bangunan gedung negara, dimana penggunaan BIM wajib diterapkan pada bangunan gedung negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m2 dan diatas 2 lantai. Hal tersebut merupakan upaya keseriusan pemerintah Indonesia untuk mendukung meningkatnya penggunaan BIM di setiap proyek konstruksi dan meningkatkan akselerasi pembangunan efektif di Indonesia.

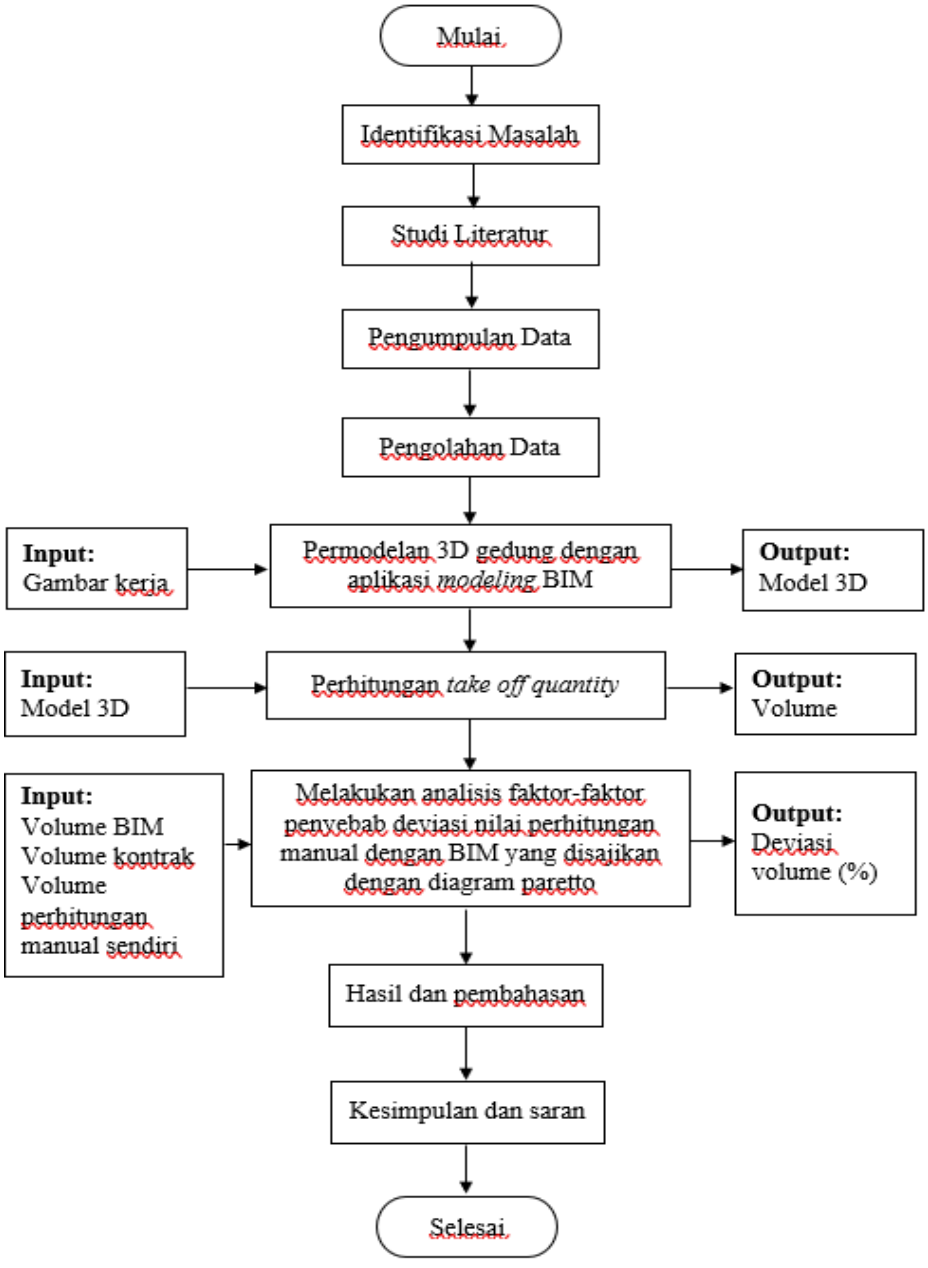
Salah satu pembangunan Gedung yang saat ini berjalan dan termasuk dalam kategori persyaratan wajib penggunaan BIM sesuai Permen PUPR nomor 11 tahun 2018 adalah proyek pembangunan Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Dimana gedung tersebut masuk dalam kategori gedung pemerintahan berjumlah 5 lantai dengan luas kontruksi 7.165,46 m2. Namun saat ini penggunaan BIM belum bisa dilakukan karena keterbatasan staff dalam pemahaman BIM dari pihak kontraktor dan konsultan terkait sehingga masih menggunakan metode perhitungan konvensional. Untuk terciptanya efisiensi pekerjaan serta meningkatkan kemampuan dalam pengimplementasian BIM pada pekerjaan konstruksi, maka akan dilakukan penelitian serta permodelan 3D menggunakan metode permodelan BIM untuk memperoleh detail *take off quantity* dan besaran deviasi volume dan biaya pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kota Balikpapan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

BIM merupakan sebuah sistem digital yang menggunakan sistem 3D sebagai permodelannya, didalamnya berisi berbagai informasi tentang bangunan yang secara cepat merubah proses metode pembangunan. Konsep BIM menerapkan berbagai dimensi pada elemen-elemen bangunan yang meresepresentasikan metode pekerjaan konstruksi dan desain virtual. BIM dapat digunakan dalam *life cycle project* sehingga dapat mendukung proses kerja sama berbagai lintas disiplin ilmu dalam industri AEC (*Architectural, Engineering and Construction Facility Management*). Implementasi BIM dalam proyek dapat meningkatkan efisiensi, kualitas dan integrasi dari setiap rantai pasok konstruksi dalam merancang dan menganalisa bangunan secara digital sebelum tahap pelaksanaan konstruksi dilaksanakan.

BIM bermanfaat dalam mengurangi risiko pembengkakan biaya, keterlambatan waktu pelaksanaan, dan membantu para *stakeholder* dapat lebih intuitif dalam memahami desain gambar kerja sehingga mengurangi kesalahan dalam pengambilan keputusan yang sering terjadi pada metode konstruksi secara tradisional. Hal tersebut dapat terjadi karena penggunaan *software* berbasis BIM akan menghasilkan detail desain dan informasi biaya yang tervisualisasi secara grafis serta dalam menghasilkan informasi yang mampu mensimulasikan seluruh informasi didalam proyek pembangunan kedalam model 3 dimensi.

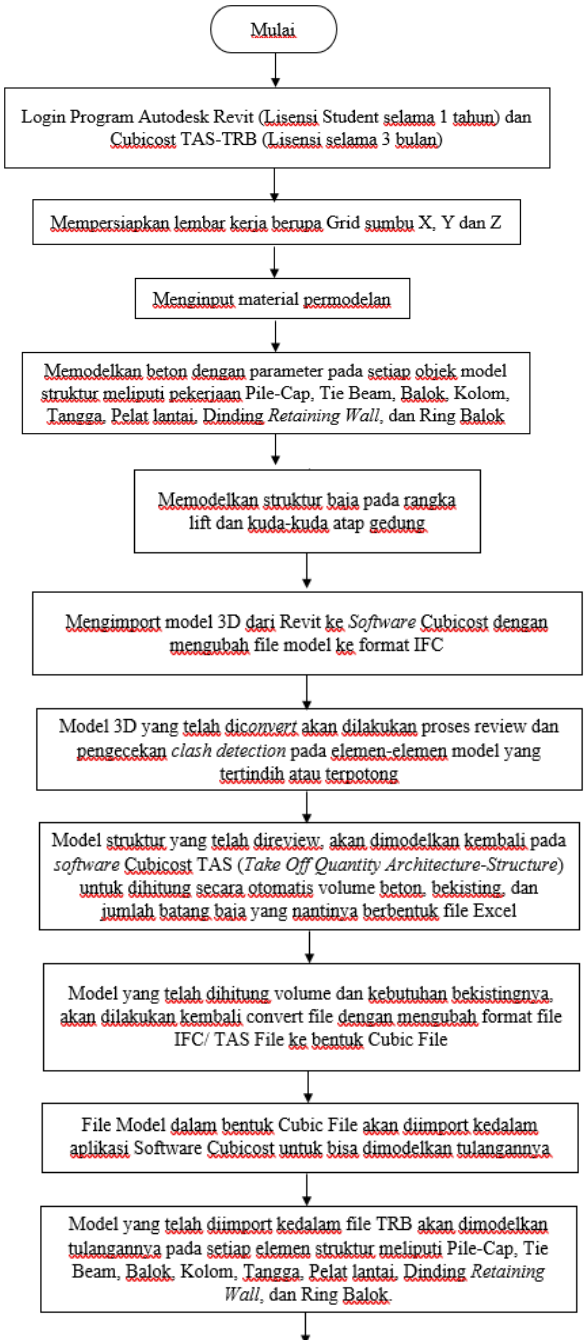
3. METODOLOGI PENELITIAN

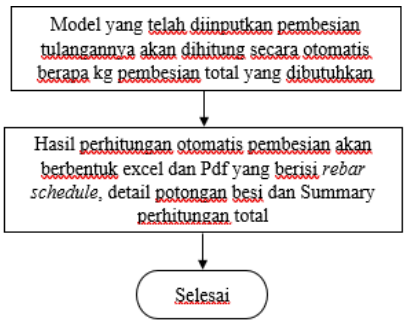


Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian.

Pada metodologi penelitian yaitu studi literatur, identifikasi masalah, penentuan fokus dari penelitian, pembuatan 3D model, perhitungan *take off quantity*, analisis, hasil dan pembahasan penelitian. Adapun pemaparan metodologi adalah sebagai berikut:

3.1 Permodelan 3D Gedung



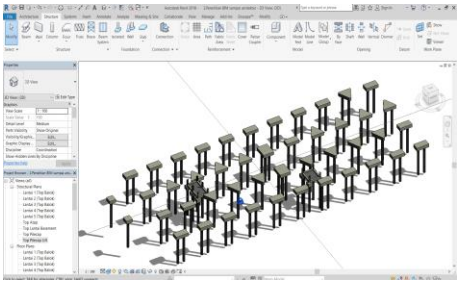


Gambar 3.2 Flowchart Permodelan 3D Gedung

3.2 Deskripsi Tahapan Permodelan

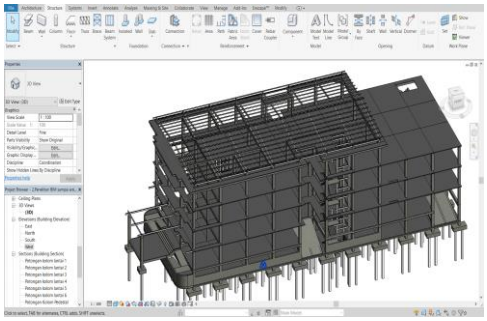
Tahapan permodelan dilakukan dengan membuat permodelan struktur bagian bawah terlebih dahulu lalu dilanjutkan dngan struktur bagian atas menggunakan software Revit, selanjutnya akan dianalisa proses take off quantity untuk permodelan rebar dan volume dengan menggunakan Cubicost TAS dan TRB.Adapun tahapan permodelannya sebagai berikut:

1. Membuat garis grid, elevasi dan tampilan view
2. Membuat elemen-elemen struktur bawah seperti pada Gambar 3.3



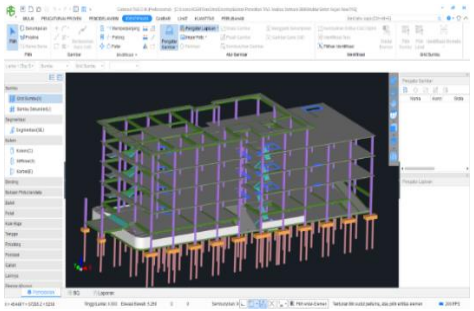
Gambar 3.3 Membuat Elemen Struktur Bawah

3. Membuat elemen-elemen struktur atas disemua lantai
4. Membuat elemen-elemen struktur rangka atap seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Membuat Elemen Rangka Atap

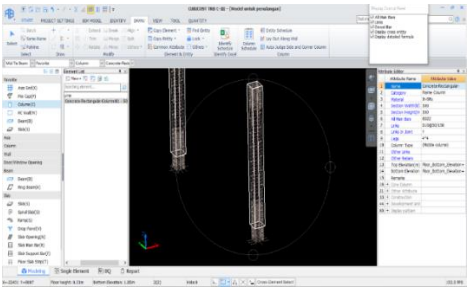
5. Mengimport model Revit ke Cubicost TAS pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Import Model ke Cubicost

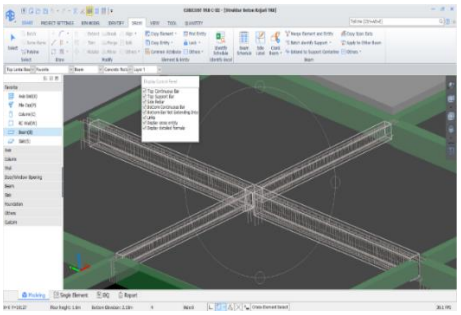
6. Melakukan running perhitungan *take off quantity* untuk pekerjaan pengecoran dan bekisting.

7. Melakukan permodelan rebar struktur atas (Kolom) pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 *input rebar* kolom

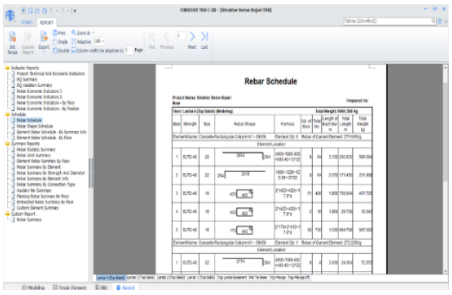
8. Melakukan permodelan rebar struktur atas (balok) pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 *input rebar* balok

9. Melakukan permodelan rebar struktur atas (pelat)

10. Melakukan *export calculate rebar* pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 *Report Calculate rebar*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil perbandingan volume *Take Off Quantity* perhitungan BIM dan Manual

Tahapan selanjutnya setelah melakukan permodelan adalah perhitungan deviasi tiap pekerjaan struktur. Hasil permodelan akan menghasilkan report volume kubikasi dari ekstraksi data dari Revit dan Cubicost. Data report tersebut akan dibandingkan dengan hasil perhitungan manual sendiri menggunakan Microsoft Excel dan CAD konvensional. Berikut adalah hasil perbandingan perhitungan QTO (*Quantity Take Off)* sebagai berikut

Tabel 4.1 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran kolom

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	1.35	1.233	9.49
2	Lantai Basement	42.68	39.33	8.52
3	Teras Drop Off	2.85	2.99	4.68
4	Lantai 1	42.68	40.15	6.29
5	Lantai 2	42.68	40.53	5.30
6	Lantai 3	42.68	40.51	5.34
7	Lantai 4	27.49	26.97	1.91
Total		**202.41**	**191.73**	**5.57**

Tabel 4.2 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran kolom

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	2.73	2.719	0.40
2	Lantai Basement	76.78	73.85	3.96
3	Lantai 1	81.51	77.56	5.08
4	Lantai 2	81.25	76.96	5.58
5	Lantai 3	81.09	76.94	5.39
6	Lantai 4	81.59	77.68	5.03
7	Lantai 5	59.32	55.12	7.61
Total		**464.28**	**440.86**	**5.31**

Tabel 4.3 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran pilecap

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pilecap Lift	7	6.92	1.04
2	Struktur Utama	146.47	153.23	4.41
Total		**153.47**	**160.15**	**4.17**

Tabel 4.4 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran tangga

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Lantai Basement	5.46	5.9	7.57
2	Lantai 1	10.2	10.9	6.37
3	Lantai 2	7.71	7.2	7.08
4	Lantai 3	9.29	8.93	4.13
Total		**32.67**	**32.93**	**0.8**

Tabel 4.5 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran pelat

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Lantai Basement	304.06	328.76	7.52
2	Lantai 1	140.76	144.66	2.70
3	Lantai 2	148.5	155.25	4.35
4	Lantai 3	144	153.89	6.43
5	Lantai 4	141.69	152.89	7.33
6	Pelat Dak	38.69	34.85	11
Total		**917.7**	**970.34**	**5.42**

Tabel 4.6 Perhitungan deviasi pekerjaan pengecoran Dinding Struktur

No	Lantai	Volume (m^3) Manual (a)	Volume (m^3) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pit lift	4.68	5.306	11.8
2	Basement	35.24	32.8	7.42
Total		**39.92**	**38.11**	**4.74**

Tabel 4.7 Perhitungan deviasi pekerjaan pembesian kolom

No	Lantai	Volume (kg) Manual (a)	Volume (kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	12813	13795.8	9.8
2	Lantai Basement	716.45	557.5	1.6
3	Lantai 1	10399.2	9764.9	6.3
4	Lantai 2	10399.2	9683.07	7.2
5	Lantai 3	10399.5	9683.07	7.2
6	Lantai 4	6732.08	5636.99	11
Total		**51456**	**49121.41**	**4.8**

Tabel 4.8 Perhitungan deviasi pekerjaan pembesian balok

No	Lantai	Volume (kg) Manual (a)	Volume (kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	609	640.5	4.91
2	Lantai Basement	24838.1	20786.1	19.4
3	Lantai 1	19394.5	18270.1	6.15
4	Lantai 2	19617.6	18248.5	7.5
5	Lantai 3	18120.1	18043.6	0.42
6	Lantai 4	19395.8	18406.4	5.37
7	Lantai 5	16357.5	13538.6	20.82
Total		**118332.6**	**107933.8**	**9.63**

Tabel 4.9 Perhitungan deviasi pekerjaan pembesian pilecap

No	Lantai	Volume (Kg) Manual (a)	Volume (Kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pilecap Lift	1139	1216.38	6.3
2	Struktur Utama	11070.07	10158.9	8.9
Total		**12209**	**11375.3**	**7.3**

Tabel 4.10 Perhitungan deviasi pekerjaan pembesian pelat

No	Lantai	Volume (Kg) Manual (a)	Volume (Kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Lantai Basement	23120.4	24430.8	5.36
2	Lantai 1	17946.8	19323.5	7.12
3	Lantai 2	19031.1	21127.8	9.92
4	Lantai 3	19031.1	20866.3	8.79
5	Lantai 4	18458.8	21082.3	12.44
6	Pelat Dak	4855.8	4984.94	2.59
Total		**102444**	**111815.8**	**8.38**

Tabel 4.11 Perhitungan deviasi pekerjaan pembesian dinding struktur

No	Lantai	Volume (Kg) Manual (a)	Volume (Kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x100%)
1	Pit lift	1047.9	974.16	7.5
2	Basement	4360.87	4786.37	8.8
Total		**5408.8**	**5760.5**	**6.1**

Tabel 4.12 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting kolom

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	12	12.5	4.25
2	Lantai Basement	350.4	323.9	8.17
3	Teras Drop Off	22.8	23.9	4.68
4	Lantai 1	350.4	339	3.36
5	Lantai 2	350.4	339.1	3.33
6	Lantai 3	350.4	339	3.36
7	Lantai 4	232	228.4	1.55
Total		**1668.4**	**1605.9**	**3.89**

Tabel 4.13 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting balok

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Top Pilecap Lift	26	21.7	19.6
2	Lantai Basement	726.3	815.7	10.9
3	Lantai 1	680	646.8	5.14
4	Lantai 2	677.4	638.5	6.1
5	Lantai 3	675.7	637.08	5.97
6	Lantai 4	680.9	647.08	5.23
7	Lantai 5	523.1	492.9	6.13
Total		**3898.6**	**3900.4**	**2.29**

Tabel 4.14 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting pilecap

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pilecap Lift	28	28	0
2	Struktur Utama	291.4	295.5	1.36
Total		**319.4**	**323.5**	**1.25**

Tabel 4.15 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting pelat

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Lantai Basement	1592.4	1672.6	4.79
2	Lantai 1	1210.8	1202.12	0.72
3	Lantai 2	1283.25	1290.3	0.55
4	Lantai 3	1238.25	1277.97	3.11
5	Lantai 4	1200.25	1274.14	5.8
6	Pelat Dak	311.38	290.48	7.19
Total		**6836.41**	**7007.61**	**2.44**

Tabel 4.16 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting tangga

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Lantai Basement	34.83	35.03	0.57
2	Lantai 1	67.92	72.29	6.05
3	Lantai 2	50.44	52.89	4.63
4	Lantai 3	55.3	63.37	12.72
Total		**208.5**	**223.58**	**6.74**

Tabel 4.17 Perhitungan deviasi pekerjaan bekisting dinding struktur

No	Lantai	Volume (m^2) Manual (a)	Volume (m^2) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pit lift	41.6	43.97	5.39
2	Basement	352.4	324.32	8.66
Total		**394**	**368.29**	**6.98**

Tabel 4.18 Perhitungan deviasi pekerjaan rangka atap

No	Lantai	Volume (Kg) Manual (a)	Volume (Kg) BIM (b)	Deviasi (b-a/b x 100%)
1	Pit lift	11223.7	11255.7	1.3

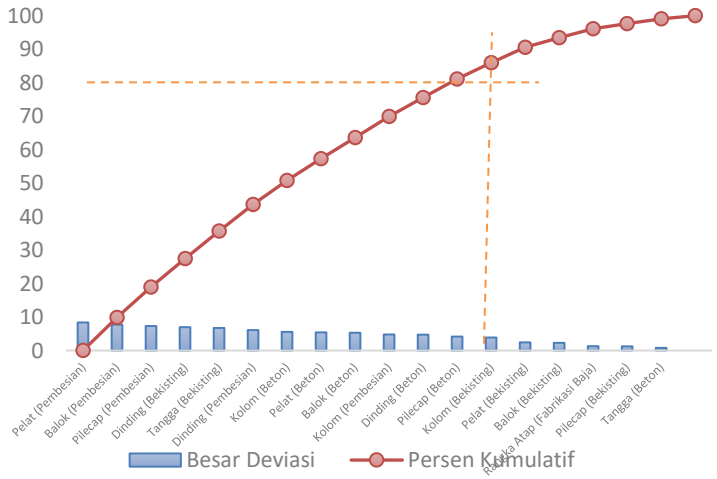
4.2 Analisis Diagram Pareto dan *Fishbone Diagram*

Nilai deviasi yang telah diperoleh dari perhitungan BIM dan perhitungan manual akan diolah menggunakan metode Paretto. Metode Paretto adalah sebuah prinsip yang menjelaskan tentang penyebab dominan terjadinya peristiwa permasalahan atau peristiwa, dimana dikenal dengan aturan 80/20 yang berarti dimana 80% suatu kejadian terjadi karena 20 penyebabnya. Setelah

dilakukan analisis Pareto, dan didapatkan pekerjaan-pekerjaan apa saja yang berpotensi mengalami kesalahan perhitungan dan deviasi terbesar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa Fishbone diagram untuk mengindentifikasi penyebab yang mungkin muncul dari spesifik masalah deviasi dan memisahkan akar penyebabnya serta menemukan solusi yang dapat membantu penyelesaikan masalah. Langkah pertama pada tahapan ini adalah hasil perhitungan akan direkapitulasi dan diurutkan dari nilai deviasi terbesar hingga terkecil dan didapatkan tabel dan grafik Pareto sebagai berikut

Tabel 4.19 Rekapitulasi data deviasi

No	Pekerjaan	Besar Nilai Deviasi	Persen	Persen kumulatif
1	Pelat (Pembesian)	8.38	9.83	9.83
2	Balok (Pembesian)	7.74	9.08	18.91
3	Pilecap (Pembesian)	7.32	8.59	27.50
4	Dinding (Bekisting)	6.98	8.19	35.69
5	Tangga (Bekisting)	6.74	7.91	43.59
6	Dinding (Pembesian)	6.1	7.16	50.75
7	Kolom (Beton)	5.57	6.53	57.29
8	Pelat (Beton)	5.42	6.36	63.64
9	Balok (Beton)	5.31	6.23	69.87
10	Kolom (Pembesian)	4.8	5.63	75.50
11	Dinding (Beton)	4.74	5.56	81.07
12	Pilecap (Beton)	4.17	4.89	85.96
13	Kolom (Bekisting)	3.89	4.56	90.52
14	Pelat (Bekisting)	2.44	2.86	93.38
15	Balok (Bekisting)	2.29	2.69	96.07
16	Rangka Atap (Fabrikasi Baja)	1.3	1.53	97.60
17	Pilecap (Bekisting)	1.25	1.47	99.06
18	Tangga (Beton)	0.8	0.94	100.00
	Total	**85.24**	**100**	



Gambar 3.16 Diagram Pareto

Pada Gambar 18 ditampilkan bahwa pada axis sebelah kiri menunjukan percent cumulative dan axis sebelah bawah menunjukan jenis-jenis pekerjaan struktur yang memiliki deviasi volume pekerjaan terbesar dengan BIM. Dari gambar dibawah dapat dilihat, dimana pada grafik ditarik lurus yakni pada axis 80% hingga memotong garis kurva, kemudian titik perpotongan tersebut ditarik kebawah menuju axis jenis pekerjaan. Sehingga didapatkan informasi bahwa jenis pekerjaan yang dominan/masuk dalam konsep Pareto's Law 20-80 yakni yang nilainya masuk dalam kumulatif 80% antara lain pekerjaan pembesian (pelat, balok, pilecap, kolom,), pekerjaan bekisting (dinding, tangga) dan pekerjaan beton (kolom, pelat, balok).

Dari data tersebut juga didapatkan besar deviasi cost pekerjaan sebesar Rp 553.374.788,00 seperti pada Tabel 20 sebagai berikut

Tabel 4.20 Besaran deviasi biaya tiap pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Deviasi (%)	Besar Nilai deviasi		Biaya/Cost (Rp)	
1	Kolom (Beton)	5.57	10.68	m3	Rp	20,365,692.00
2	Balok (Beton)	5.31	23.42	m3	Rp	44,659,598.00
3	Pelat (Beton)	5.42	52.64	m3	Rp	100,379,216.00
4	Tangga (Beton)	0.8	0.26	m3	Rp	495,794.00
5	Pilecap (Beton)	4.17	6.68	m3	Rp	12,738,092.00
6	Dinding (Beton)	4.74	1.81	m3	Rp	3,451,489.00
7	Kolom (Bekisting)	3.89	62.5	m2	Rp	24,506,250.00
8	Balok (Bekisting)	2.29	1.8	m2	Rp	719,460.00
9	Pelat (Bekisting)	2.44	171.2	m2	Rp	74,660,320.00
10	Tangga (Bekisting)	6.74	15.08	m2	Rp	5,576,584.00
11	Pilecap (Bekisting)	1.25	4.1	m2	Rp	1,152,920.00
12	Dinding (Bekisting)	6.98	25.71	m2	Rp	12,178,827.00
13	Kolom (Pembesian)	4.8	2334.59	Kg	Rp	37,119,981.00
14	Balok (Pembesian)	7.74	10398.8	Kg	Rp	165,340,920.00
15	Pelat (Pembesian)	8.38	9371.8	Kg	Rp	149,011,620.00
16	Pilecap (Pembesian)	7.32	833.7	Kg	Rp	13,255,830.00
17	Dinding (Pembesian)	6.1	351.7	Kg	Rp	5,486,520.00
18	Atap (Fabrikasi Baja)	1.3	32	Kg	Rp	1,260,800.00
Total deviasi biaya					**Rp**	**672,359,913.00**

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Jenis pekerjaan yang memiliki deviasi perhitungan terbesar berdasarkan analisis Pareto adalah pekerjaan pengecoran (kolom, balok, dan pelat), pekerjaan bekisting (tangga dan dinding), dan pekerjaan pembesian (kolom, balok, pelat, pilecap dan dinding struktur).Diperoleh total biaya pada pekerjaan - pekerjaan tersebut adalah sebesar Rp 553.374.788,00

2. Penyebab terjadinya selisih volume pada pekerjaan struktur adalah karena faktor detail gambar kerja yang menerapkan metode manual draft 2D dimana gambar detail-detail pembesian terutama hubungan antar balok, pelat dan kolom serta besar overlap kurang diperhatikan ketika proses perhitungan.

3. Solusi dan evaluasi yang perlu dilakukan pada proyek selanjutnya adalah adalah perlu adanya pengingkatan sertifikasi ahli untuk setiap pekerja terutama dalam aspek estimasi dan *Quantity surveyor*. Selain itu juga perlu adanya implementasi BIM yang diterapkan dalam setiap tahapan konstruksi mulai dari perencanaan hingga pemeliharaan.

5.2 Saran

1. Disarankan dalam proses permodelan menggunakan laptop atau komputer dengan spesifikasi tinggi karena file yang cukup besar dalam menjalankan aplikasi serta menggunakan lintas *software* BIM sehingga penulis memiliki kendala saat memodelkan item pekerjaan yang detail seperti permodelan tulangan.

2. *Sofware* BIM yang digunakan perlu menggunakan versi terbaru untuk mendapatkan fitur update sehingga dalam permodelan dapat lebih optimal.

3. Gambar kerja dan detail perlu didetailkan agar dalam proses input permodelan telah sesuai dan akurat dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J.M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management, 31, 971–980.Astuti, B. (2011). Pengantar Teknik Elektro. Yogyakarta: Graha Ilmu

2. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM handbook: a guide to building informationmodeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. John Wiley & Sons, Inc., 337-338.Giancoli, D. (2001). FISIKA Edisi KeLima. Jakarta: Erlangga.

3. Elmualim, A., & Gilder, J. (2014). *BIM: innovation in design management,*

4. Gegana, G.& Widjanarso, T. H. (2015, April). *BIM Course Development And Its Future Integration At University Of Indonesia And Institute Of Technology Bandung, Indonesia*. 9th BIM Academic Symposium & Job Task Analysis Review, Washington, Amerika.

5. Hardin, B & McCool, D. (2015) BIM And Construction Management.Wiley

6. Irwanuddin, I., Indraprastha, A., & Kusuma, H. E. (2016). Persepsi Praktisi dan Akademisi terhadap Penerapan Teknologi BIM di Arsitektur, (1), 167–172.

7. Latersiya, K. 2017. *Investigasi Penerapan Konsep Building Information Modeling*

(BIM) pada proyek Konstruksi High Rise Building di Indonesia.

8. Patil, S., & Khandare, P. M. (2017). *Application of BIM for Scheduling and Costing of Construction Project*, 1644–1647.

9. Ramadiaprani, R. 2012. Aplikasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Tekla Structures 17 Pada Konstruksi Gedung Kuliah Tiga Lantai Fahutan IPB, Bogor (Skripsi). Institut Pertanian Bogor.

10. Rogers, J., Chong, H.Y., & Preece, C. (2015). Adoption of building information modelling technology (BIM): perspectives from Malaysian engineering consulting services firms. Engineering, Construction and Architectural Management, 22(4), 424-445.

11. Salgın, B., Akgün, A., Coşgun, N., & Agyekum, K. (2017). Construction Waste Reduction Through BIM-Based Site Management Approach.

Halaman ini sengaja dikosongkan