

## ANALISIS PENERAPAN KONSEP *BUILDING INFORMATION MODELLING* PADA PROYEK GEDUNG POLTEKKES KEMENKES, MALUKU

Andi Rizky Vanath<sup>1</sup>, C. G. Buyang<sup>2</sup> dan, Fauzan A. Sangadji<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon 97234

E-mail: [andirama278@gmail.com](mailto:andirama278@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon 97234

E-mail: [christ.gery@gmail.com](mailto:christ.gery@gmail.com)

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon 97234

E-mail: [fauzan.sangadji@fatek.unpatti.ac.id](mailto:fauzan.sangadji@fatek.unpatti.ac.id)

**Abstrak.** Proses *quantity takeoff* material atau perhitungan volume pekerjaan merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan estimasi biaya material dalam sebuah proyek konstruksi. Proses *quantity takeoff* material yang dikerjakan secara manual seringkali menimbulkan kesalahan – kesalahan *human error* seperti kesalahan pembacaan gambar, penginputan data, dll, serta memakan waktu dalam pengerjaannya. Selain itu perubahan pada design yang sering kali berubah – ubah mengikuti kondisi di lapangan memakan banyak waktu apabila dilakukan secara manual. BIM mengubah seluruh konsep design, seluruh informasi konstruksi berupa gambar, estimasi biaya, dll dapat saling terkait/terintegrasi. Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan data *Detailed Engineering Design* menggunakan *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)* yang didapatkan dari konsultan perencana pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih *total cost* material menggunakan metode konvensional/manual dengan metode BIM, serta mengetahui perbedaan pengerjaan design berbasis CAD dan berbasis BIM pada pekerjaan struktur dan arsitektur. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya selisih *total cost* material menggunakan metode konvensional/manual dan metode BIM, pada pekerjaan struktur diperoleh selisih sebesar 10,4 % dan pada pekerjaan arsitektur diperoleh selisih sebesar 5,4 %. Penggunaan *Software* berbasis BIM dalam pengerjaan design dapat mempermudah pengerjaan karena seluruh proses pengerjaan design saling terintegrasi sehingga lebih menghemat waktu dibandingkan dengan pengerjaan design menggunakan CAD yang dilakukan secara terpisah dalam pengerjaannya.

Kata kunci: BIM, CAD, Revit, dan *Total cost*

**Abstract.** *The process of quantity take-off material or the calculation of the volume of work is a process carried out to obtain an estimate of the cost of materials in a construction project. The process of quantity take-off material that is done manually often causes human errors such as errors in reading drawings, inputting data, etc., and takes time to process. In addition, changes to the design which often change according to conditions in the field take a lot of time when done manually. BIM changes all design concepts, all construction information in the form of drawings, cost estimates, etc. can be interrelated/integrated. This research was conducted by modeling Detailed Engineering Design data using the Autodesk Revit2021 (Student Version) Software obtained from a planning consultant on the Permanent Education Building Construction Project of the Health Polytechnic of the Ministry of Health, Maluku. This study aims to determine the difference in the total cost of materials using conventional/manual methods with the BIM method, as well as knowing the differences in CAD-based and BIM-based design work on structural and architectural work. The results of this study indicate that there is a difference in the total cost of materials using the conventional/manual method and the BIM method, for structural work a difference of 10.4% is obtained and for architectural work a difference of 5.4%. Using BIM-based Software in design work can make work easier because all design work processes are integrated with*

*each other so that it saves more time compared to design work using CAD which is done separately in the process. Keywords: Building Information Modelling, CAD, Quantity takeoff, Revit, dan Total cost*

*Keywords: BIM, CAD, Revit, and Total cost cost*

## 1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi di Indonesia merupakan salah satu industri yang berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, hal ini terbukti dari banyaknya proyek yang berjalan, baik proyek gedung maupun jalan dan jembatan maupun infrastruktur lainnya. Kegiatan konstruksi berkembang pesat mengakibatkan kompleksitas manajemen proyek yang tinggi, hal ini menuntut pihak penyedia jasa konstruksi bekerja lebih efektif dan efisien dari segi biaya, mutu dan waktu [1].

Dalam suatu proses konstruksi *quantity takeoff* material (QTO) merupakan tahapan yang dilalui dimana elemen bangunan dihitung yang kemudian hasil perhitungan tersebut digunakan untuk estimasi biaya konstruksi [2]. Nilai suatu proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh keakuratan hasil perhitungan QTO, sehingga apabila terdapat kesalahan saat QTO maka dapat menyebabkan kerugian pada proyek [3]. Untuk menghasilkan perhitungan QTO yang baik, estimator harus memahami gambar desain yang definitif. Gambar tersebut meliputi gambar denah, potongan, detail, hingga model struktur 3D lainnya [4].

Umumnya metode yang digunakan untuk menghitung QTO dalam estimasi biaya masih berbasis konvensional yaitu dilakukan dengan menghitung secara manual menggunakan Microsoft Excel dan AutoCAD berdasarkan gambar shop drawing dan spesifikasi teknis lainnya [5]. Proses QTO yang dikerjakan secara manual seringkali menimbulkan kesalahan – kesalahan human error seperti kesalahan pembacaan gambar, penginputan data, dll, serta memakan waktu dalam pengerjaannya hal ini disebabkan karena ketidaktepatan estimator dalam proses perhitungan QTO serta dipengaruhi tingkat kompleksitas bangunan yang akan dibangun [6]. Proses QTO yang dikerjakan secara manual dapat memakan waktu sekitar 50 – 80 % dari seluruh waktu yang digunakan untuk menghitung biaya pelaksanaan proyek [7].

Selain itu permasalahan yang sering timbul adalah revisi pada design yang sering kali berubah-ubah mengikuti kondisi di lapangan, pada pengerjaan design konvensional (manual), seluruh design tidak saling terintegrasi satu dengan yang lain baik itu gambar kerja, QTO, estimasi biaya, dll. Hal

ini tentunya dapat meningkatkan biaya konstruksi dan cenderung memakan waktu yang lama karena perubahan pada tiap – tiap komponen baik itu gambar kerja, *quantity takeoff* material, estimasi biaya, dll, dilakukan secara manual [8].

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi konstruksi, mendorong perencana dan pelaksana jasa konstruksi untuk selalu meningkatkan mutu dan efektivitas pekerjaan konstruksi [9], maka mulai dikembangkan sebuah metode yang berbasis *Building Information Modelling* (BIM). BIM mengubah seluruh konsep perencanaan dengan memperkenalkan suatu proses untuk mengembangkan desain dan dokumentasi konstruksi. Dokumen konstruksi seperti gambar, rincian pengadaan, dan spesifikasi lainnya dapat dengan mudah saling terkait. Perubahan pada satu elemen model secara otomatis akan memperbarui semua informasi yang berkaitan dengan design baik itu gambar kerja, QTO, estimasi biaya, dll [10].

Dalam mendukung dan meningkatkan penggunaan BIM di Indonesia Pada tahun 2021 diterbitkan Peraturan Pemerintah No 16 Tahun 2021, dimana tercantum penggunaan BIM pada konstruksi bangunan wajib digunakan pada konstruksi bangunan yang padat teknologi dan padat modal, dengan klasifikasi bangunan bertingkat menengah sampai super tinggi, wajib menggunakan BIM minimal BIM dimensi kelima [11].

Salah satu jenis *Software* yang sudah berbasis BIM adalah *Autodesk Revit*. *Autodesk Revit* adalah *Software* berbasis BIM oleh *Autodesk* yang berfungsi untuk desain arsitektur, struktur serta *mechanical, electrical* dan *plumbing* (MEP). Dengan menggunakan *Autodesk Revit*, pengguna dapat merancang bangunan dalam pemodelan 3D serta menganalisis QTO secara otomatis [12].

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih *total cost* material menggunakan metode konvensional/manual dengan metode BIM, serta mengetahui perbedaan pengerjaan design berbasis CAD dan berbasis BIM pada pekerjaan struktur dan arsitektur Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku yang bertempat di Jl. Laksdya Leo Wattimena, Negeri Lama, Kec. Baguala, Kota Ambon, Maluku.



Gambar 1. Lokasi penelitian

### 2.2. Data Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder pada proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku. Data tersebut didapatkan dari konsultan perencana dengan mengajukan surat pengantar permohonan data pada proyek tersebut. Sehingga data yang didapat adalah sebagai berikut:

1. *Detailed Engineering Design* (DED)
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

### 2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dilakukan dengan mencari referensi jurnal, skripsi atau penelitian terdahulu, buku, dan artikel yang berkaitan mengenai Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Building Information Modelling* (BIM).

#### 2. Pengumpulan data

Data yang akan dibutuhkan pada penelitian ini merupakan *Detailed Engineering Design* (DED), Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku. Data ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari konsultan perencana proyek tersebut.

#### 3. Analisis data

Setelah data-data proyek yang dibutuhkan sudah terkumpul, tahap selanjutnya yaitu menganalisis

data, dengan membagi data informasi proyek sesuai dengan jenis pekerjaan yang dimodelkan. Adapun analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Tahapan pertama yang dilakukan adalah pemodelan menggunakan *Software Autodesk Revit*, dengan mengacu pada gambar *Detailed Engineering Design* (DED) pada pekerjaan struktur dan arsitektur yang diperoleh dari proyek;
- b. Setelah proses pemodelan selesai maka dilakukan *clash detection* pada pemodelan struktur dan arsitektur untuk mengetahui adanya *clash* dalam model yang telah dilakukan dan memperbaiki *clash* tersebut;
- c. Mengeluarkan *quantity takeoff* dan *total cost material* dari hasil dari pemodelan menggunakan konsep *Building Information Modelling* kemudian dibandingkan dengan hasil *quantity takeoff* dan *total cost material* menggunakan metode perhitungan konvensional (manual) yang diperoleh dari proyek.
- d. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)* yang berbasis *Building Information Modelling* kemudian dibandingkan dengan pengerjaan design berbasis CAD yang diperoleh dari proyek.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

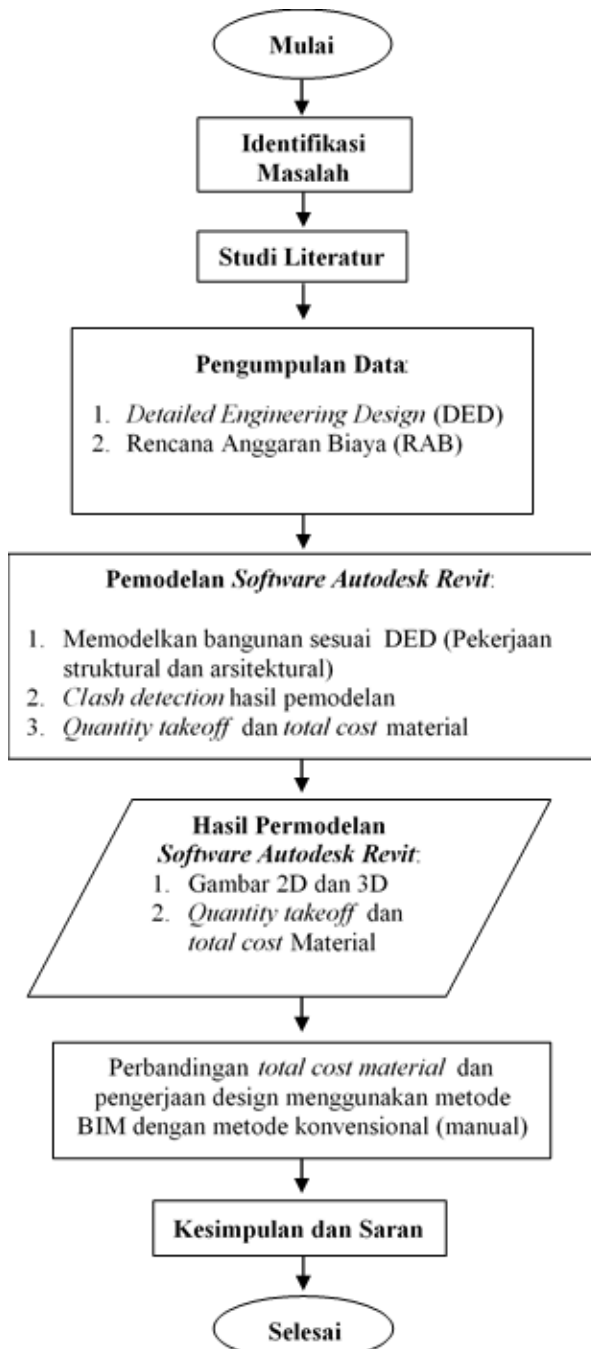
Jika kegiatan penelitian di atas telah dilakukan sesuai dengan tahapan yang ada, maka hasil penelitian dapat disampaikan dan dijelaskan secara detail mengenai langkah-langkah pemodelan dan hasil yang didapatkan.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Setelah hasil penelitian dapat diketahui, maka dilakukan kesimpulan terhadap hasil analisa yang dilakukan pada Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku. Saran yang dituliskan dapat menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik kedepannya.

### 2.4. Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

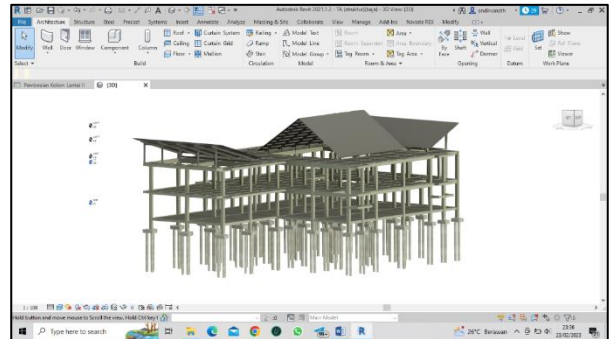
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan memodelkan ulang gambar *Detailed Engineering Design* (DED) struktur dan arsitektur agar diperoleh informasi berupa *quantity takeoff* dan *total cost* material pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku menggunakan konsep *Building Information Modelling*.

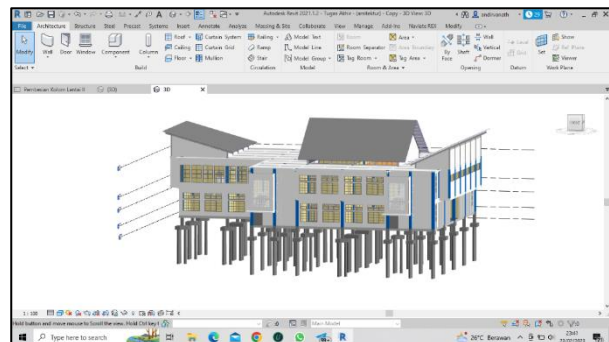
Pemodelan diawali dengan memodelkan elemen struktur berupa pondasi, kolom, balok, pelat lantai,

rangka atap baja beseta pemodelan rebar atau tulangan sesuai dengan *Detailed Engineering Design* (DED) struktur Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku.



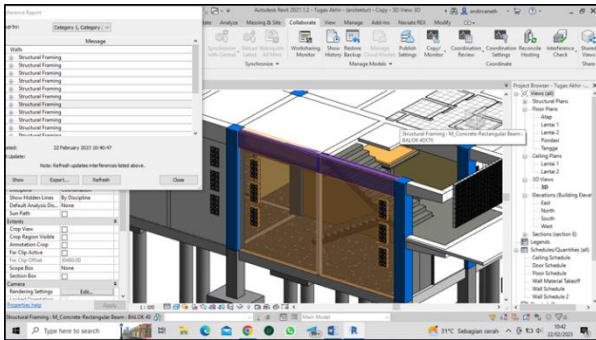
Gambar 3. Hasil akhir pemodelan struktur

Pemodelan struktur selesai dibuat kemudian pemodelan dilanjutkan dengan memodelkan komponen arsitektur berupa pemodelan dinding, keramik, plafond, pintu dan jendela berdasarkan *Detailed Engineering Design* (DED) arsitektur Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku.



Gambar 4. Hasil akhir pemodelan arsitektur

Setelah pemodelan struktur dan arsitektur selesai dibuat selanjutnya dilakukan *clash detection* pada hasil pemodelan. *Clash detection* dilakukan untuk mengetahui adanya *clash* antar komponen pada pemodelan yang telah dibuat baik itu *clash* antar komponen struktur dengan struktur dan komponen struktur dengan arsitektur. Adanya *clash* pada salah satu komponen baik itu komponen struktur ataupun komponen arsitektur dapat mempengaruhi besar kecilnya *quantity takeoff* material yang diperoleh dari pemodelan yang nantinya akan berpengaruh terhadap *total cost* material.



Gambar 5. Clash detection

**3.2. Quantity takeoff Material**

Berdasarkan hasil pemodelan ulang menggunakan *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)* sesuai *Detailed Engineering Design (DED)* struktur dan arsitektur Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku diperoleh output berupa *quantity takeoff* material. Dalam tabel 1 dan 2 ditampilkan rekapitulasi hasil *quantity takeoff* (volume pekerjaan) pekerjaan struktur dan arsitektur menggunakan metode BIM dan menggunakan metode konvensional/manual yang diperoleh dari BOQ proyek.

Tabel 1. Rekapitulasi *quantity takeoff* material pekerjaan struktur metode BIM dengan metode konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Sat	Quantity takeoff	
			BIM	BOQ
A.	<b>Pekerjaan Struktur Pondasi</b>			
	- Material Beton	m <sup>3</sup>	210,18	259,89
	- Material Besi	kg	38946,75	43806,86
B.	<b>Pekerjaan Struktur Kolom</b>			
	- Material Beton	m <sup>3</sup>	122,26	122,26
	- Material Besi	kg	28446,06	29433,90
C.	<b>Pekerjaan Struktur Balok</b>			
	- Material Beton	m <sup>3</sup>	357,60	380,01
	- Material Besi	kg	66166,97	67442,30
D.	<b>Pekerjaan Struktur Pelat Lantai</b>			
	- Material Beton	m <sup>3</sup>	332,91	385,57
	- Material Besi	kg	57276,96	66315,61
E.	<b>Pekerjaan Struktur Baja</b>			
	- Material Baja	kg	14309,76	19367,47
	- Material Atap	m <sup>2</sup>	956,25	956,25

Tabel 2. Rekapitulasi *quantity takeoff* material pekerjaan arsitektur metode BIM dengan metode konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Sat	Quantity takeoff	
			BIM	BOQ
A.	<b>Pekerjaan Pasangan Dan Plesteran</b>	m <sup>2</sup>	18185,80	19403,25
B.	<b>Pekerjaan Plafond</b>	m <sup>2</sup>	3763,09	3991,96
C.	<b>Pekerjaan Keramik</b>	m <sup>2</sup>	2606,46	2745,12
D.	<b>Pekerjaan Pintu Dan Aluminium</b>	m <sup>2</sup>	4774,20	4774,20

**3.3. Total cost Material**

Berdasarkan hasil *quantity takeoff* material menggunakan metode BIM yang sudah dimodelkan sebelumnya, untuk memperoleh *total cost* material diperlukan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) tiap item pekerjaan, kemudian dilakukan perbandingan selisih biaya yang dihasilkan. Dalam tabel 3 dan 4 ditampilkan hasil perbandingan *total cost* pekerjaan struktur dan arsitektur menggunakan metode BIM dan menggunakan metode konvensional/manual yang diperoleh dari BOQ proyek.

Tabel 3. Perbandingan *total cost* material pekerjaan struktur

No	Uraian Pekerjaan	Total cost		Selisih	%
		BIM	BOQ		
A.	<b>Pekerjaan Struktur Pondasi</b>				
	- Material Beton	Rp314.263.238	Rp388.590.127	Rp74.326.889	19,1%
	- Material Besi	Rp742.325.055	Rp834.958.752	Rp92.633.697	11,1%
B.	<b>Pekerjaan Struktur Kolom</b>				
	- Material Beton	Rp182.804.375	Rp182.804.375	Rp0	0,0%
	- Material Besi	Rp542.181.904	Rp561.010.134	Rp18.828.230	3,4%
C.	<b>Pekerjaan Struktur Balok</b>				
	- Material Beton	Rp534.687.096	Rp568.194.752	Rp33.507.656	5,9%
	- Material Besi	Rp1.261.142.448	Rp1.285.450.238	Rp24.307.790	1,9%
D.	<b>Pekerjaan Struktur Pelat Lantai</b>				
	- Material Beton	Rp497.774.847	Rp576.508.120	Rp78.733.273	13,7%
	- Material Besi	Rp1.091.698.858	Rp1.263.975.527	Rp172.276.669	13,6%
E.	<b>Pekerjaan Struktur Baja</b>				
	- Material Baja	Rp552.499.834	Rp747.778.017	Rp195.278.183	26,1%
	- Material Atap	Rp232.536.094	Rp232.536.094	Rp0	0,0%
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>Rp5.951.913.747</b>	<b>Rp6.641.806.134</b>	<b>Rp689.892.387</b>	<b>10,4%</b>

Tabel 4. Perbandingan *total cost* material pekerjaan arsitektur

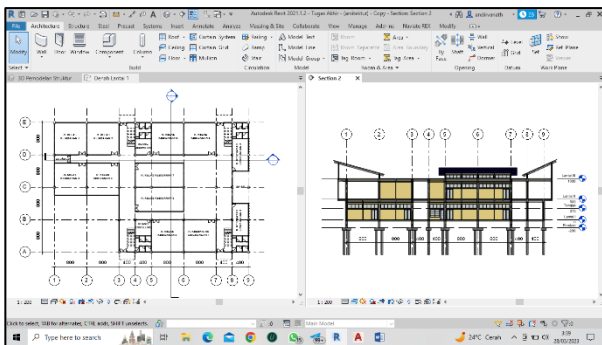
No	Uraian Pekerjaan	Total cost		Selisih	%
		BIM	BOQ		
A.	<b>Pekerjaan Pasangan Dan Plesteran</b>				
		Rp1.717.794.296	Rp1.832.792.189	Rp114.997.892	6,30%
B.	<b>Pekerjaan Plafond</b>				
		Rp682.162.248	Rp716.916.505	Rp34.754.257	4,80%
C.	<b>Pekerjaan Keramik</b>				
		Rp370.167.663	Rp390.305.718	Rp20.138.055	5,20%
D.	<b>Pekerjaan Pintu Dan Aluminium</b>				
		Rp189.878.374	Rp189.878.374	Rp0	0,00%
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>Rp2.960.002.582</b>	<b>Rp3.129.892.786</b>	<b>Rp169.890.204</b>	<b>5,40%</b>

**3.4. Perbandingan Revit Dengan CAD Dalam Pengerjaan Design dan Dokumentasi Proyek**

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan program bantu *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)*, dilakukan perbandingan antara pemodelan Revit dengan CAD dalam pengerjaan desain dan dokumentasi pada proyek pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku. Adapun perbedaannya sebagai berikut: Adapun perbedaannya sebagai berikut:



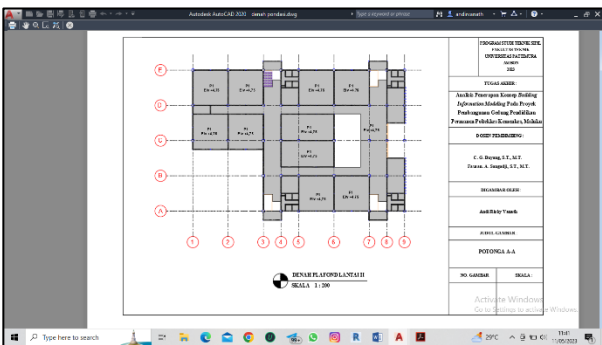
dimana saja pada model yaitu dengan meletakkan garis section maka gambar potongan dan tampak bisa langsung tercetak.



Gambar 11. Produksi gambar pada Revit

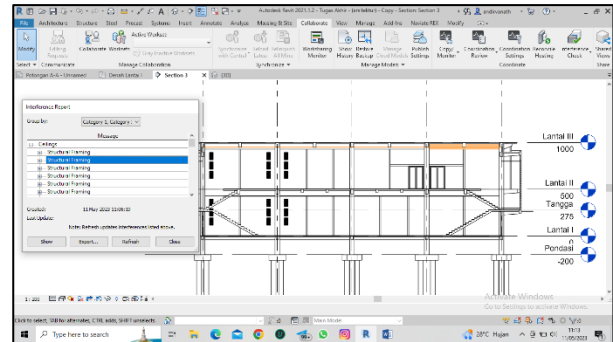
4. Deteksi kesalahan pada gambar (*Clash Detection*)

Pada gambar 12 dibawah dijelaskan tampilan CAD 2D Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku, dimana terdapat kesalahan penginputan notasi elevasi plafond (*ceiling*) yang bersinggungan dengan balok diatasnya. Kesalahan tersebut umum terjadi pada pengerjaan design berbasis CAD 2D dikarenakan proses penginputan notasi dilakukan secara manual sehingga apabila terdapat kesalahan pada gambar tidak dapat terdeteksi diawal.



Gambar 12. Kesalahan pada gambar CAD

Adapun pada Revit terdapat fitur *clash detection* dimana fitur tersebut berfungsi untuk mengetahui adanya *clash*/ketidaksesuaian antar gambar/model yang dibuat, sehingga apabila terdapat *clash* dapat langsung dilakukan revisi pada model saat itu juga. Pada gambar 10 ditampilkan hasil pemodelan berdasarkan *Detail Engineering Design (DED)* yang diperoleh dari proyek, ditemukan adanya *clash* pada antara plafond (*ceiling*) dengan balok pada Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku.



Gambar 13. Deteksi *clash* pada model

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisis Penerapan Konsep *Building Information Modelling* menggunakan *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)* pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil pemodelan Gedung Pendidikan Permanen Poltekkes Kemenkes, Maluku menggunakan *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)*, diperoleh selisih *total cost material* pekerjaan struktur antara metode BIM dengan metode konvensional sebesar 10,4 % (Rp. 689.892.387). Adapun selisih *total cost material* pekerjaan arsitektur pada pekerjaan arsitektur sebesar 5,4 % (Rp169.890.204). Penggunaan metode BIM dengan menggunakan program bantu *Software Autodesk Revit 2021 (Student Version)* dalam estimasi *quantity takeoff* dan *total cost material* menghasilkan selisih biaya yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode perhitungan konvensional (manual) hal ini dikarenakan dalam perhitungan *quantity takeoff material*, Revit akan secara otomatis mereduksi volume komponen – komponen yang sudah terhitung sebelumnya sehingga tidak terjadi *double counting* pada hasil *quantity takeoff* serta lebih efisien dalam hal waktu. Keakuratan hasil *quantity takeoff* dan *total cost material* dengan menggunakan metode BIM disesuaikan dengan kemampuan masing – masing orang saat pemodelan dilakukan, semakin detail pemodelan maka semakin detail pula output yang dihasilkan.
- b. Berdasarkan hasil perbandingan Revit dengan CAD dalam pengerjaan design dan dokumentasi proyek, dengan menggunakan Revit dalam pengerjaan design dapat mempermudah dan mempercepat koordinasi antar gambar, pengelompokkan material, produksi gambar, serta dapat mendeteksi kesalahan pada gambar hal ini dikarenakan

seluruh proses saling terintegrasi karena berada pada satu model 3D, adapun pada pengerjaan design menggunakan CAD, seluruh proses tidak saling terintegrasi satu dengan yang lain karena proses penggambaran masih berbasis gambar 2D sehingga proses penggambaran dilakukan secara terpisah serta memakan lebih banyak waktu dalam pengerjaannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ramdani, Paikun, A. Rozandi, D. Budiman, dan K. Elena, “Implementasi *Building Information Modelling* (BIM) Pada Proyek Perumahan,” vol. 4, no. 1, hal. 1–15, 2022.
- [2] A. Monteiro dan J. P. Poças Martins, “A survey on modeling guidelines for quantity takeoff- oriented BIM-based design,” vol. 35, no. November, 2013, doi: 10.1016/j.autcon.2013.05.005.
- [3] R. Nafiyah dan N. Martina, “ANALISIS QUANTITY TAKEOFF PADA PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH JEMBATAN,” *Constr. Mater. J.*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RepublikIndonesia, *Perhitungan Volume, Analisa Harga Satuan, RAB, dan Spesifikasi Teknis*, Sistem Man. 2019.
- [5] M. Rayhannafi Anwar dan Y. Nurchasanah, “PERBANDINGAN QUANTITY TAKE-OFF BETON ANTARA METODE KONVENSIONAL DENGAN METODE BIM PADA GEDUNG 13 LANTAI,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2023 Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, hal. 0–4, 2023.
- [6] I. A. Reista, Ilham, dan Annisa, “Implementasi *Building Information Modelling* ( BIM ) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural,” *J. Sustain. Constr.*, vol. 2, no. 1, hal. 13–22, 2022.
- [7] D. Olsen dan J. M. Taylor, “*Quantity Take-Off Using Building Information Modelling ( BIM ), and Its Limiting Factors*,” *Procedia Eng.*, vol. 196, no. June, hal. 1098–1105, 2017.
- [8] T. P. Artanti, I. K. Sucita, dan E. Yanuarini, “PERBANDINGAN BOQ TULANGAN ANTARA METODE KONVENSIONAL DENGAN BIM APARTEMEN ‘ X ,”” *POLITEKNOLOGI*, vol. 21, no. 1, 2022.
- [9] D. Rosmyanto, L. Kholidab, dan M. Heri Sukantara, “ANALISIS BIAYA PEKERJAAN ULANG KONSTRUKSI BERDASARKAN DATA EVALUASI DESAIN DENGAN SISTEM *BUILDING INFORMATION MODELLING* ,” *TECHNOLOGIC*, vol. 13, no. 8, 2022.
- [10] S. Azhar dan A. Nadeem, “*Building Information Modelling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects Building Information Modelling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*,” no. August, 2008.
- [11] Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021. .
- [12] D. Laorent, P. Nugraha, dan J. Budiman, “Analisa *Quantity Take-Off* Dengan Menggunakan Autodesk Revit,” vol. 6, no. 1, hal. 1–8, 2019.