

Analisis Quantity Take Off Berbasis BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Beton Bangunan Bertingkat Studi Kasus SMK-SMAK Makassar

Febri Rahmi¹, Ilham Idrus², Zainal Arifin Halim³

¹Universitas Islam Makassar, ²Universitas Islam Makassar, ³Universitas Islam Makassar

¹febrirahmi1@gmail.com, ²ilhamidrus@uim-makassar.ac.id, ³zainalarifinhalim.dty@uim-makassar.ac.id

Abstrak

Estimasi volume pekerjaan struktur beton pada bangunan bertingkat sering mengalami deviasi kuantitas akibat kompleksitas geometri pada titik pertemuan antarelelemen struktur, sehingga metode konvensional dinilai kurang akurat dibandingkan pendekatan *Building Information Modeling* (BIM) 5D. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan hasil *Quantity Take Off* (QTO) berbasis BIM 5D dan metode konvensional pada elemen kolom, balok, *tie beam*, dan pelat, dengan studi kasus SMK SMAK Makassar. Metode yang digunakan adalah deskriptif-komparatif kuantitatif, melalui pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit 2024 berdasarkan *Detail Engineering Design*, yang dibandingkan dengan perhitungan manual, kemudian dianalisis deviasi volume dan pengaruhnya terhadap biaya. Hasil penelitian menunjukkan volume BIM 5D sebesar 1.914,44 m³ (Rp2.321.000.050,60), lebih kecil dari metode konvensional sebesar 2.016,64 m³ (Rp2.444.903.753,60), dengan selisih 5,07%; elemen pelat menunjukkan deviasi terbesar (-10,25%) dan menyumbang 89,3% dari total selisih biaya. Disimpulkan bahwa BIM 5D lebih sistematis, akurat, dan efisien dibandingkan metode konvensional dalam proses QTO.

Kata Kunci: BIM 5D, *Quantity Take Off*, Volume Material, Deviasi Volume

Abstract

Estimates of the volume of concrete work in multi-storey buildings often suffer from quantity deviations due to the complexity of the geometry at the junctions between structural elements; consequently, conventional methods are considered less accurate than the 5D Building Information Modelling (BIM) approach. This study aims to analyse a comparison of Quantity Take-Off (QTO) results based on 5D BIM and conventional methods for columns, beams, tie beams and slabs, using SMK SMAK Makassar as a case study. The method employed was a quantitative descriptive-comparative approach, utilising three-dimensional modelling with Autodesk Revit 2024 based on the Detailed Engineering Design, which was compared with manual

calculations; volume deviations and their impact on costs were then analysed. The results of the study show that the 5D BIM volume was 1,914.44 m³ (Rp2,321,000,050.60), which is smaller than that of the conventional method at 2,016.64 m³ (Rp2,444,903,753.60), with a difference of 5.07%; slab elements showed the largest deviation (-10.25 per cent) and accounted for 89.3 per cent of the total cost difference. It was concluded that 5D BIM is more systematic, accurate and efficient than the conventional method in the QTO process.

Keywords: 5D BIM, *Quantity Takeoff*, *Material Volume*, *Volume Deviation*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat sektor konstruksi di Indonesia, khususnya pada pembangunan gedung bertingkat, menuntut adanya proses perencanaan yang semakin presisi, efisien, dan terintegrasi pada setiap tahapan siklus proyek. Salah satu komponen fundamental dalam tahap perencanaan adalah proses *Quantity Take Off* (QTO), yaitu kegiatan mengukur dan menghitung volume material dari gambar kerja sebagai dasar penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), di mana akurasi hasilnya memiliki pengaruh langsung terhadap ketepatan estimasi biaya proyek secara keseluruhan [1]. Hadirnya konsep *Building Information Modeling* (BIM), khususnya pada dimensi kelima atau BIM 5D, menjadi salah satu inovasi teknologi konstruksi yang menawarkan solusi atas keterbatasan metode estimasi konvensional, sebab BIM mengintegrasikan model tiga dimensi dengan informasi biaya secara otomatis dan dapat meningkatkan efisiensi biaya pembangunan gedung bertingkat [2]. Namun demikian, realitas implementasi di lapangan menunjukkan gambaran yang berbeda dari kondisi ideal tersebut. Di Indonesia, masih banyak proyek konstruksi yang menggunakan perhitungan volume atau *Quantity Take Off* dengan metode manual yang

memakan banyak waktu dan tenaga kerja [1] Proses konvensional ini umumnya mengandalkan pembacaan gambar dua dimensi berbasis AutoCAD yang dipadukan dengan perhitungan tabulasi pada Microsoft Excel [3], sebuah pendekatan yang rentan terhadap kesalahan input data dimensi serta sulit ditelusuri kembali apabila terjadi revisi desain. Permasalahan ini menjadi semakin kompleks ketika diterapkan pada elemen struktur bangunan bertingkat yang memiliki variasi geometri tinggi, seperti kolom, balok, *tiebeam*, dan pelat lantai, yang masing-masing memiliki karakteristik perpotongan dan kondisi batas yang berbeda [4]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan hasil ekstraksi kuantitas volume material pembetonan menggunakan metode QTO berbasis BIM 5D terhadap metode konvensional pada empat elemen struktur utama bangunan bertingkat, yaitu kolom, balok, tie beam, dan pelat, guna mengidentifikasi elemen yang paling rentan terhadap deviasi, serta mengetahui secara spesifik elemen struktur mana yang paling besar pengaruhnya terhadap selisih biaya total, dengan pemodelan BIM 5D dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit berdasarkan data *Detail Engineering Design* (DED) serta analisis deviasi diukur menggunakan indikator persentase selisih volume antarmetode dan dilakukan pengestimasian anggaran biaya.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pemodelan struktur 3D untuk bangunan yang memiliki dilatasi (*expansion joint*) dengan menggunakan Revit ?
2. Bagaimana hasil ekstraksi kuantitas volume (material pembetonan) menggunakan metode QTO berbasis BIM 5D dibandingkan metode konvensional pada masing-masing elemen struktur (kolom, balok, *tie beam*, dan pelat)?
3. Pada elemen struktur apa yang menunjukkan deviasi paling besar antara hasil BIM 5D dengan metode konvensional?
4. Seberapa besar kontribusi elemen elemen tersebut terhadap total selisih estimasi biaya pekerjaan struktur secara keseluruhan?

Tujuan Penelitian

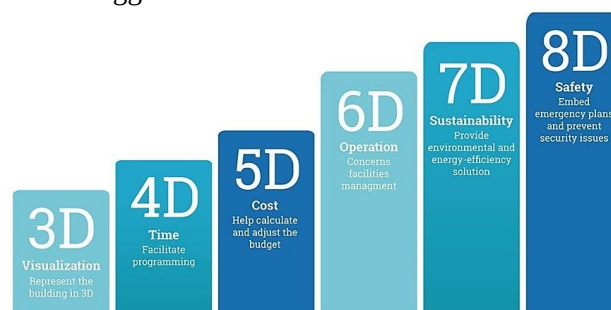
1. Untuk mengetahui bagaimana hasil dari ekstraksi *quantity take off* yang di hasilkan BIM terhadap *quantity* metode konvensional
2. Untuk memberikan gambaran praktis mengenai komponen struktur yang memerlukan validasi lebih teliti dalam proses estimasi QTO dengan BIM 5D maupun pada

metode

II. TINJAUAN PUSTAKA

Building Information Modeling (BIM)

Di Indonesia, berdasarkan [5] BIM didefinisikan sebagai suatu rangkaian proses atau metode untuk memproduksi, mengkomunikasikan, menganalisis, dan mengelola model konstruksi bangunan digital selama siklus proyek. Menurut Autodesk, Building Information Modeling (BIM) adalah proses menyeluruh dalam penciptaan dan pengelolaan informasi aset bangunan yang berbasis pada model cerdas dan platform cloud. Penerapan BIM umumnya melibatkan beberapa tahapan, mulai dari pemodelan 3D, penjadwalan waktu (4D), estimasi biaya (5D), analisis keberlanjutan (6D), pengelolaan fasilitas (7D), hingga Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada model bangunan (8D) [6]. Di Indonesia, *roadmap* BIM tertuang dalam [7] yang menargetkan seluruh proyek strategis nasional menggunakan BIM minimal 5D



Gambar 1. Dimensi BIM dari 3D sampai 8D

Sumber : United-BIM, 2023

BIM 5D

Keunggulan lain dari BIM 5D terletak pada penerapan *parametric modeling*, yaitu sistem pemodelan yang mengintegrasikan berbagai parameter dalam setiap elemen bangunan, seperti dimensi, material, volume, dan biaya [8]. BIM 5D merupakan pengembangan dari model 3D yang diintegrasikan dengan dimensi waktu (4D) dan biaya (5D). Dimensi ke-5 ini menambahkan informasi *cost* ke dalam setiap elemen model, sehingga memungkinkan proses estimasi biaya dilakukan secara otomatis dan terhubung langsung dengan perubahan desain.

Hubungan BIM 5D dengan Estimasi Biaya Proyek

Pada metode konvensional, estimasi biaya dilakukan terpisah dari gambar rencana sehingga rawan terjadi ketidaksinkronan saat revisi desain. BIM 5D mengatasi hal ini melalui *parametric linking* antara objek model dengan *cost database*. Setiap perubahan dimensi kolom atau balok pada model akan langsung memperbarui volume pada *schedule* dan nilai RAB. Hal ini menjadikan BIM 5D sangat relevan untuk

pekerjaan struktur bangunan bertingkat yang memiliki repetisi elemen dan kompleksitas volume tinggi. Hasilnya, proses *value engineering* dan pengendalian biaya dapat dilakukan lebih cepat sejak tahap perencanaan.

Quantity Take Off (QTO)

Quantity Take Off (QTO) adalah proses pengukuran dan perhitungan kuantitas seluruh item pekerjaan berdasarkan gambar rencana untuk menghasilkan *Bill of Quantity* (BoQ). Tujuan utama QTO adalah menyediakan data volume, luas, panjang, dan jumlah material yang akurat sebagai dasar penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), pengadaan material, penjadwalan, dan pengendalian proyek. Sesuai (SNI 6880:2016), QTO yang tepat merupakan syarat mutlak untuk mendapatkan estimasi biaya yang realistis dan menghindari *cost overrun* saat pelaksanaan. Pada pekerjaan struktur, QTO mencakup perhitungan volume beton, berat pembesian, luas bekisting, dan volume galian/urugan. Perhitungan kuantitas (QTO) adalah salah satu aktivitas paling mendasar dalam proyek konstruksi. Kondisi ini diperparah dengan belum adanya acuan integrasi SNI 6880:2016 ke dalam parameter *Material Takeoff*.

Permasalahan dan keterbatasan metode konvensional, berdasarkan literatur dan kondisi eksisting di proyek, metode konvensional memiliki beberapa kelemahan:

- a. *Human error* tinggi
Salah baca dimensi, salah input Excel, atau terlewat menghitung elemen repetisi. Tingkat kesalahan bisa mencapai 5–15% dari volume aktual.
- b. Tidak efisien waktu
Untuk gedung bertingkat, QTO struktur bisa memakan 2–4 minggu karena banyaknya elemen tipikal yang dihitung ulang.
- c. Tidak responsif terhadap perubahan
Revisi desain saat tender atau pelaksanaan mengharuskan QTO diulang total sehingga menghambat proses *decision making*.
- d. Minim visualisasi
Estimator sulit memverifikasi apakah semua elemen sudah terhitung karena bekerja dengan gambar 2D terpisah.
- e. Potensi konflik data
Volume di gambar sering tidak sinkron sehingga muncul selisih saat *clash* ditemukan di lapangan.

QTO Berbasis BIM

BIM dipercaya mampu untuk mempercepat proses konstruksi. Selain itu, BIM juga mampu untuk mengefisienkan biaya dan waktu yang digunakan pada konstruksi sebuah proyek, dimana hal ini karena BIM dapat menghindari terjadinya kesalahan dalam pembacaan data maupun menghindari miss communication antar berbagai disiplin ilmu, baik itu arsitek, sipil, mekanikal, dan lain-lain sebelum tahap konstruksi dimulai [3].

QTO berbasis BIM mengatasi kelemahan metode konvensional melalui prinsip *single source of truth*. Semua kuantitas diekstrak langsung dari model 3D yang menjadi satu-satunya sumber data geometri.

- a. *Automatic*: Volume dihitung otomatis oleh *software* berdasarkan geometri 3D yang dimodelkan
- b. *Parametric*: Perubahan dimensi kolom di model langsung mengupdate *schedule* kuantitas
- c. *Integrated*: Data kuantitas, spesifikasi material, dan lokasi elemen berada dalam satu model
- d. *Visual*: Estimator bisa *isolate* dan filter elemen di 3D untuk memastikan tidak ada yang terlewat

Dengan keunggulan tersebut, QTO berbasis BIM menjadi solusi yang relevan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi estimasi pada pekerjaan struktur bangunan bertingkat yang kompleks dan repetitif.

LOD (Level Of Development)

Level of Development (LOD) adalah suatu kerangka standar yang mendefinisikan tingkat kelengkapan, keandalan, dan kedetailan informasi geometris maupun non-geometris pada setiap elemen model BIM di setiap fase proyek. LOD bukan sekadar ukuran "seberapa detail tampilan visual" suatu model, melainkan ukuran seberapa jauh suatu elemen model dapat diandalkan untuk tujuan tertentu baik untuk perencanaan konseptual, koordinasi desain, estimasi biaya, fabrikasi, maupun pengelolaan fasilitas [10].

Di Indonesia, konsep LOD juga telah diadopsi secara resmi oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui modul pelatihan BIM sebagai pedoman pemodelan 3D hingga 7D [11]

Secara umum, terdapat enam tingkatan LOD yang diakui secara internasional, yaitu LOD 100 (konseptual), 200 (desain skematik), 300 (dokumentasi / desain rinci), 350 (koordinasi), 400 (fabrikasi dan perakitan), dan 500 (*As built*), di mana setiap tingkatan berikutnya dibangun secara hierarkis di atas tingkatan sebelumnya

Clash Detection (Deteksi Benturan) Pada BIM

Clash Detection (Deteksi benturan) BIM adalah proses mengidentifikasi konflik antara komponen bangunan dalam model 3D sebelum konstruksi dimulai. Konflik ini biasanya merupakan hasil dari disiplin ilmu yang berbeda yang bekerja

secara terpisah. Misalnya, tata letak MEP dapat mengganggu balok struktural, atau dinding arsitektur dapat memotong jalur saluran mekanis. Jika masalah ini tidak terdeteksi sejak dini, hal itu akan menyebabkan pengerjaan ulang yang mahal dan penundaan di lokasi proyek.[12]

Deteksi benturan menyatukan semua model dalam satu lingkungan terpadu sehingga setiap disiplin dapat ditinjau sebagai satu sistem yang terkoordinasi. Perangkat lunak seperti Navisworks, Revit, dan Solibri menjalankan pemeriksaan otomatis untuk menyoroti benturan keras, masalah jarak bebas, dan konflik terkait alur kerja. Hal ini memungkinkan tim AEC untuk menyelesaikan kesalahan desain secara virtual, bukan menemukannya selama instalasi. [12]

Menurut [13] dalam [14] Pembangunan Infrastruktural ini tidak biasa dipisahkan dengan perencanaan yang matang dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembangunan. Menurut [15], penggunaan sistem dilatasi mampu mencegah terjadinya konsentrasi tegangan pada pelat yang cukup besar pada bangunan dengan layout tidak beraturan, sehingga perilaku struktural menjadi lebih baik dan aman terhadap beban lateral akibat gempa.

Pekerjaan Struktural

Pekerjaan struktural yang di kaji dalam penelitian ini terdiri dari beberapa elemen utama yang saling terkait dan menjadi objek perhitungan QTO. Fungsi bangunan dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi lokasi struktural saat merencanakannya [16] dilandaskan pada perencanaan yang memperhatikan kondisi eksisting, potensi, dan tantangan masing-masing Kawasan[17] Saat merencanakan struktural, fungsi bangunan dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi Lokasi struktural yang akan di rencanakan [13]. Berdasarkan [18] tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, elemen tersebut meliputi:

- Tie beam*: elemen horizontal yang berfungsi mengikat kolom
- Kolom: Elemen vertikal menahan beban aksial dan momen, tipikal berulang tiap lantai dengan variasi dimensi
- Balok: Elemen horizontal meliputi balok induk, balok anak, dan balok tepi yang memikul beban pelat
- Pelat Lantai: Pelat beton bertulang yang memiliki luasan besar dan ketebalan beragam per zona fungsi
Elemen ini memiliki proporsi volume beton dan

pembesian terbesar dalam proyek gedung bertingkat, sehingga akurasi QTO-nya sangat memengaruhi total RAB struktural.

Standar Pengukuran Volume Struktural

Perhitungan volume struktural di Indonesia mengacu pada beberapa standar untuk memastikan keseragaman:

- SNI 2847:2019
Mengatur cara perhitungan volume beton bertulang. Volume kolom dihitung dari as ke as pelat, balok dihitung bentang bersih antar kolom, dan pelat dihitung luas bersih dikurangi lubang void
- SNI 6880:2016
Spesifikasi teknis untuk perhitungan volume pekerjaan konstruksi bangunan gedung dan perumahan, termasuk koefisien *waste material*
- New Rules of Measurement* (NRM 2)
Standar internasional yang juga digunakan pada proyek dengan konsultan asing, membagi pengukuran berdasarkan *Work Section*

Autodesk Revit Untuk Estimasi QTO

Autodesk menjelaskan bahwa, Autodesk Revit menyediakan fitur *Material Takeoff* yang berfungsi untuk mengekstrak kuantitas secara otomatis dari model 3D. *Material Takeoff* lebih detail karena mampu memecah kuantitas per material penyusun elemen, misalnya volume beton dan berat tulangan pada satu kolom. Fitur ini bersifat *parametric*, sehingga setiap perubahan dimensi pada model akan langsung memperbarui nilai pada tabel kuantitas tanpa perlu input ulang.

Keterbatasan Revit 2024 (Student Version) untuk QTO

Di kutip dari platform Autodesk bahwa, Revit 2024 *Student Version* pada dasarnya memiliki fitur lengkap setara *versi Pro*, namun terbatas secara lisensi. Keterbatasan utama meliputi larangan penggunaan komersial (*non-profesional*), durasi lisensi 1 tahun (dapat diperpanjang), *watermark* pelajar pada hasil *plot/cetak*, dan ketidakmampuan mengubah file ke versi lebih lama

- Tidak ada *Cloud Worksharing*: Kolaborasi model harus via *file-based* sehingga rawan *file corrupt*
- Watermark* pada *output*: Hasil print atau *export PDF* akan memiliki *watermark "For Educational Use Only"*
- Lisensi 1 tahun: Tidak dapat digunakan untuk proyek komersial

III. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif-komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Disebut deskriptif

karena menggambarkan kondisi nyata deviasi QTO pada pekerjaan struktur bangunan bertingkat, dan komparatif karena membandingkan dua metode estimasi secara sistematis QTO manual versus QTO berbasis BIM 5D Revit 2024 (*student version*).

Lokasi, Waktu Serta Objek Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan peneliti untuk penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya ijin penelitian. Kegiatan penelitian mencakup proses pengumpulan dan pengolahan data, serta penyusunan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk proposal selama periode penelitian berlangsung.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada bangunan sekolah SMK SMAK Makassar, Jl. Urip Sumoharjo Km. 4, Pampang Raya, Makassar, Sulawesi Selatan.



Gambar 2. lokasi penelitian
Sumber : Google earth

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif dengan pendekatan studi kasus. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil *Quantity Take off* berbasis BIM 5D terhadap hasil *Quantity Take off metode konvensional*, pada elemen struktur (kolom, balok, *tiebeam*, pelat), menghitung selisih deviasi untuk mengidentifikasi elemen struktur yang paling rentan terdapat selisih, Serta mencari kontribusi elemen struktur terhadap total selisih estimasi biaya.

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang diperoleh dari Kontraktor pelaksana Gedung SMK SMAK Makassar berupa.

1. *Shop drawing* dan DED dalam bentuk file pdf, sebagai acuan utama pemodelan LOD di Revit dan dasar penentuan mutu beton,

2. RAB proyek dalam bentuk file xls, sebagai Pembandingan hasil QTO BIM 5D dengan QTO konvensional proyek

Alur Penelitian

1. Pengumpulan data:
 - a. Data primer: *Shop drawing*, DED dan RAB
2. Pemodelan 3D di REVIT 2024 (*Student Version*)
 - a. Membuat model struktur
3. Ekstraksi QTO BIM
 - a. QTO Per elemen struktur
 - b. Analisis perbandingan QTO
 - c. Menghitung persen Deviasi elemen
 - d. Menghitung persen Kontribusi terhadap total biaya

Analisis Data

Analisis yang dilakukan yaitu:

1. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari hasil Volume yang di dapatkan

$$\text{Biaya} = \text{Volume} \times \text{Harga satuan} \dots \dots \dots (1)$$
2. Membandingkan hasil QTO tiap elemen mengidentifikasi elemen paling rentan (deviasi terbesar), Selisih :

$$\text{Selisih Volum} = QTO_{BIM} - QTO_{Konvensional} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Selisih Biaya} = \text{Biaya}_{BIM} - \text{Biaya}_{Konvensional} \dots \dots \dots (3)$$
3. Mengidentifikasi elemen paling rentan (deviasi terbesar), Deviasi persentase dihitung per elemen untuk menemukan distribusi kerentanan.

$$\text{Deviasi}(\%) = \left(\frac{QTO_{BIM} - QTO_{Konvensional}}{QTO_{Konvensional}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Elemen dengan nilai deviasi terbesar adalah yang paling rentan.
4. Mengidentifikasi elemen struktur mana yang paling besar kontribusinya terhadap selisih biaya total

$$\text{Kontribusi}(\%) = \left(\frac{\text{Selisih.B}_{Konvensional} - \text{Selisih.B}_{BIM}}{\text{Total selisih biaya}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

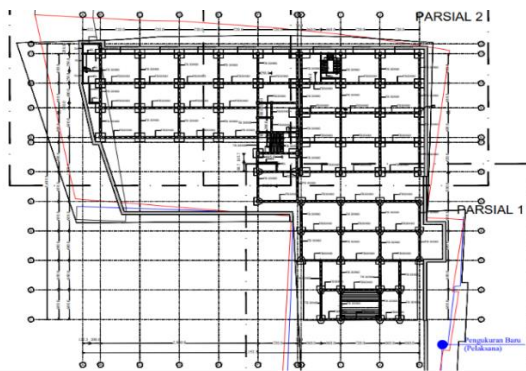
Biaya	: Hasil volume yang telah di kalikan dengan Harga satuan
Harga satuan	: Nilai AHSP untuk menghasilkan biaya
QTO BIM	: Hasil ekstraksi volume dari pemodelan Revit-BIM
QTO konvensional	: Hasil perhitungan volume dari metode konvensional
Selisish	: Jarak perbedaan nilai dari kedua metode
Deviasi (%)	: Selisih relatif antara kedua metode dalam bentuk persentase
Kontribusi (%)	: Selisih relatif antara kedua metode dalam bentuk persentase

Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan garfik perbandingan antar elemen

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

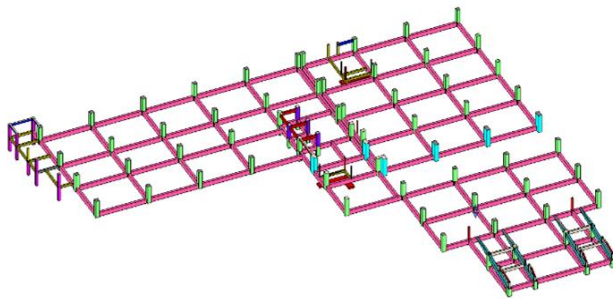
Penelitian ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah dengan menganalisis elemen struktur antara metode QTO berbasis BIM 5D dan metode konvensional.. Berdasarkan proses pemodelan dan analisis yang telah dilakukan, rumusan masalah tersebut dapat dijawab secara empiris melalui perbandingan data volume yang diekstraksi dari model BIM dengan data volume yang tercantum dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) kontraktor, sebagaimana diuraikan secara rinci dalam bab ini.

Hasil Pemodelan Model BIM 3D Di Revit 2024 Student



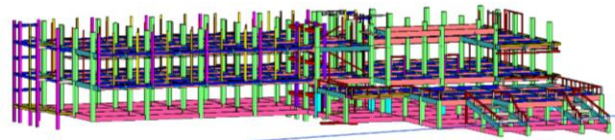
Gambar 3. Denah gedung SMK SMAK Makassar

Membuat pemodelan 3D di Autodesk Revit 2024 (*student version*). Pemodelan sesuai dengan data spesifikasi yang terdapat pada gambar DED sebagai acuan pemodelan Bangunan SMK SMAK Makassar dari *basement* sampai *top floor*.

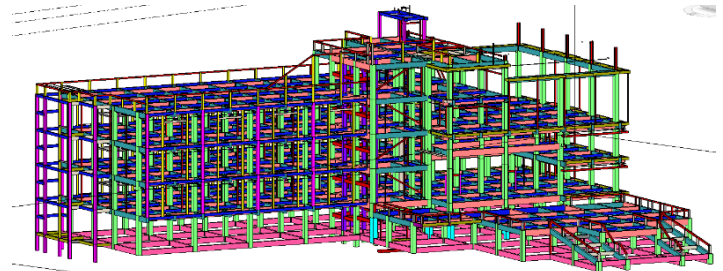


Gambar 4. Hasil pemodelan elemen tiebeam

Pemodelan elemen struktur dibuat mengacu pada posisi denah, tanpa memasukkan komponen tangga. Proses dimulai dengan penetapan ukuran serta elevasi setiap tingkatan, dan berakhir pada pembuatan elemen pelat di *top floor*



Gambar 5. Hasil pemodelan balok dan kolom elevasi +0,00 s/d +8,00 m



Gambar 6. Hasil pemodelan keseluruhan balok dan kolom s/d elevasi +23,00 m

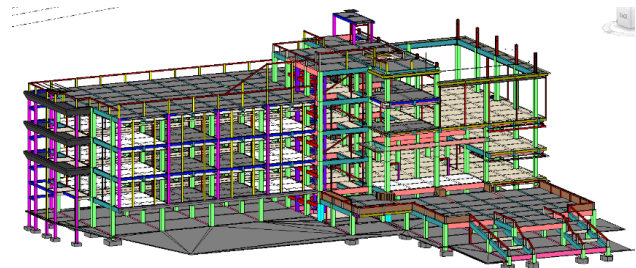
Gambar di atas merupakan pemodelan pada elemen *tiebeam*, balok, dan kolom dengan ukuran:

Tabel 1. Tipe balok

Tipe	Ukuran (mm)	Jumlah	Mutu beton	Keterangan
Tie Beam	300 x 600	117	F'c 25 mpa	
B1 balok induk	400 x 700	174		
B2 balok induk	300 x 600	110		
B3 balok anak	200 x 400	40		
B4 balok anak	200 x 300	405		
B5 balok anak	150 x 200	27		
Balok Praktis	120 x 200	36		

Tabel 2. Tipe kolom

Tipe	Ukuran (mm)	Jumlah	Mutu beton	Keterangan
K1	500 x 500	225	F'c 25 mpa	
K2	500 x 900	6		
K3	400 x 400	24		
K4	300 x 300	51		
K5	200 x 200	160		
KP	110 x 110	258		



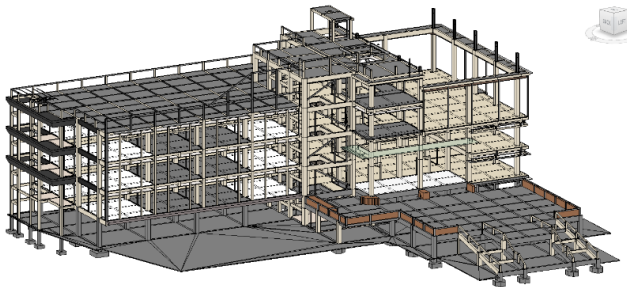
Gambar 7. Hasil pemodelan elemen pelat

Gambar di atas merupakan pemodelan pada elemen pelat

beton dengan spesifikasi detail rancangan sebagai berikut

Tabel 3. Tipe pelat

Tipe	Ukuran (cm)	Mutu beton
Basement	Pelat lantai beton konvensional, T=10	F'c 25 mpa
Pelataran	Plantai beton konvensional, T=15	
Ground floor	Pelat lantai beton konvensional, T=12,5	
	Pelat lantai beton compodeck 1000 (polos)	
Lantai 1	Pelat lantai beton konvensional, T=12,5	
	Pelat lantai beton compodeck 1000 (polos)	
	Pelat lantai beton compodeck 680 (hitam)	
Lantai 2	Pelat lantai beton konvensional, T=12,5	
	Pelat lantai beton compodeck 1000 (polos)	
	Pelat lantai beton compodeck 680 (hitam)	
Lantai 3	Pelat lantai beton konvensional, T=12,5	
	Pelat lantai beton compodeck 1000 (polos)	
	Pelat lantai beton compodeck 680 (hitam)	
Top floor	Pelat lantai beton konvensional, T=12,5	



Gambar 8. Tampilan akhir pemodelan struktur

Proses pemodelan harus mengacu pada spesifikasi dan dimensi setiap elemen struktur sesuai gambar detail. Hal ini bertujuan agar perhitungan volume bersih yang dihasilkan dapat merepresentasikan kondisi ril pelaksanaan di lapangan.

Hasil Quantity Take off

1. QTO Metode Building Information Modeling (BIM)

Setelah pemodelan dilakukan langkah selanjutnya melakukan ekstraksi data Volume atau QTO pada Gedung SMK SMAK Makassar. Data QTO yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Perhitungan RAB mengacu pada daftar harga satuan yang sama dengan yang digunakan oleh kontraktor pelaksana pembangunan Gedung SMK SMAK Makassar. Ruang lingkup analisis dibatasi hanya pada biaya material pembeconan. Gambar di bawah ini menyajikan hasil ekstraksi Volume/QTO dari Autodesk Revit 2024 (Student Version) beserta hasil perhitungan RAB.

<QTO TIE BEAM>	
A	B
NameOverride	Material: Volume
TB30X60	57.843 m ³
TB30X60	57.843 m ³
TB 30X60	58.304 m ³
TB 30X60	58.304 m ³
Grand total:	116.147 m ³

Gambar 9. Hasil ekstraksi QTO elemen tiebem

<QTO BALOK>	
A	B
NameOverride	Material: Volume
B1	309.056 m ³
B1	309.056 m ³
B2	294.750 m ³
B2	294.750 m ³
B3	8.752 m ³
B3	8.752 m ³
B4	80.518 m ³
B4	80.518 m ³
B5	1.804 m ³
B5	1.804 m ³
BP	13.998 m ³
BP	13.998 m ³
Grand total:	708.877 m ³

Gambar 10. Hasil ekstraksi QTO elemen balok

<QTO KOLOM>	
A	B
NameOverride	Material: Volume
K1	224.050 m ³
K1	224.050 m ³
K2	7.409 m ³
K2	7.409 m ³
K3	13.365 m ³
K3	13.365 m ³
K4	18.075 m ³
K4	18.075 m ³
K5	15.579 m ³
K5	15.579 m ³
KP	11.117 m ³
KP	11.117 m ³
Grand total:	289.795 m ³

Gambar 11. Hasil ekstraksi QTO elemen kolom

<QTO PELAT>	
A	B
NameOverride	Material: Volume
B5	232.094 m ³
B5	232.094 m ³
GF	136.819 m ³
GF	136.819 m ³
LT1	108.690 m ³
LT1	108.690 m ³
LT2	134.312 m ³
LT2	134.312 m ³
LT3	95.155 m ³
LT3	95.155 m ³
PLT	60.578 m ³
PLT	60.578 m ³
TF	32.025 m ³
TF	32.025 m ³
Grand total:	799.673 m ³

Gambar 12. Hasil ekstraksi QTO elemen pelat

Tabel 4. Coloumn chart peringkat kontribusi terhadap total biaya

Material Pembetonan			
Elemen struktur	QTO/Volume BIM (m^3)	Harga satuan	Total biaya
Tie Beam	116,14	Rp. 1.212.365,00	Rp. 140.804.071,1
Balok	708,88	Rp. 1.212.365,00	Rp. 859.421.301,2
Kolom	289,75	Rp. 1.212.365,00	Rp. 351.282.758,75
Pelat	799,67	Rp. 1.212.365,00	Rp. 969.491.919,55
Total	1.914,44		Rp. 2.321.000.050,6

Berdasarkan data tabel di atas hasil ekstraksi volume dari revit, ke empat elemen struktur tersebut menghasilkan total volume 1.914,44 m^3 dan membutuhkan estimasi biaya pekerjaan sebesar Rp.2.321.000.050,6, dan elemen yang menghasilkan volume terbesar yaitu pelat 799,67 m^3 dengan estimasi biaya sebesar Rp.969.491.919,55

2. Metode konvensional

Estimasi volume material pembetonan pekerjaan struktur pada tahap pelaksanaan proyek oleh Kontraktor pelaksana dilakukan dengan menerapkan metode konvensional sebagai dasar perhitungan volume untuk menghasilkan RAB. Hasil rekapitulasi total volume dan RAB material pembetonan pekerjaan struktur berdasarkan metode konvensional dapat dilihat padatable berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi hasil QTO dan RAB Konvensional

Material Pembetonan			
Elemen struktur	QTO/Volume konvensional (m^3)	Harga satuan	Total biaya
Tie Beam	119,460	Rp. 1.212.365,00	Rp. 144.829.122,90
Balok	714,87	Rp. 1.212.365,00	Rp. 866.683.367,55
Kolom	291,300	Rp. 1.212.365,00	Rp. 353.161.924,50
Pelat	891,010	Rp. 1.212.365,00	Rp. 1.080.229.338,6
Total	2.016,64		Rp. 2.444.903.753,6

Berdasarkan data tabel di atas hasil perhitungan volume dengan metode konvensional, ke empat elemen struktur menghasilkan total volume 2.016,64 m^3 dengan estimasi biaya pekerjaan sebesar Rp.2.444.903.753,6, dan elemen yang menghasilkan volume terbesar yaitu pelat 891,010 m^3 membutuhkan estimasi biaya pekerjaan sebesar Rp.1.080.229.338.

Hasil Perbandingan QTO BIM dan Konvensional setiap elemen

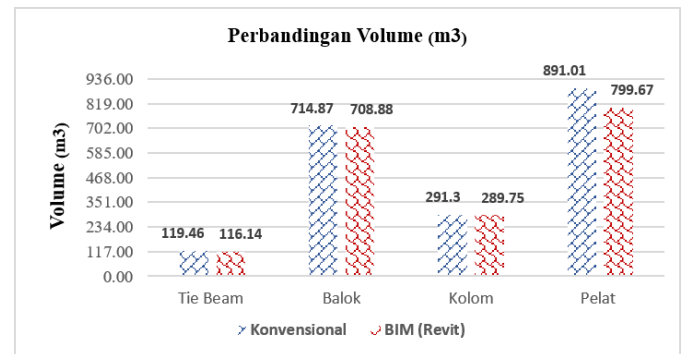
a. Perbandingan Volume

Hasil analisis perbandingan kuantitas mengindikasikan adanya perbedaan antara perhitungan metode manual dan hasil QTO Revit

pada Gedung SMK SMAK Makassar. Secara keseluruhan, volume beton dari metode manual lebih besar dibandingkan dengan hasil dari Revit. Data rinci kedua metode disajikan pada Tabel 4 dan 5, sedangkan perbandingan antar elemen ditampilkan pada Tabel dan gambar di bawah ini

Tabel 6. Perbandingan volume BIM dan Konvensional

Material Pembetonan				
Elemen struktur	QTO/Volume Konvensional (m^3)	QTO/Volume BIM (m^3)	Selisih (m^3)	Deviasi (%)
Tie Beam	119,46	116,14	3,32	-2,78
Balok	714,87	708,88	5,99	-1
Kolom	291,30	289,75	1,55	-0,53
Pelat	891,01	799,67	91,34	-10,25
Total	2.016,64	1.914,44	102,2	14,56



Gambar 13. Bar chart perbandingan Volume

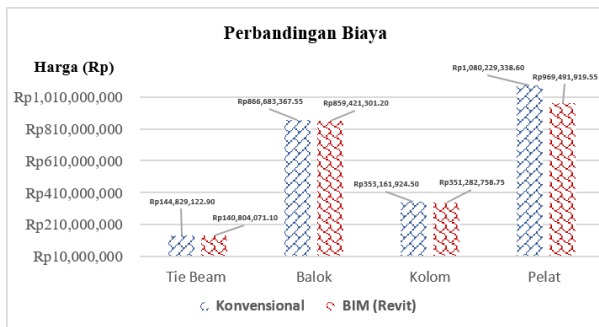
Dari data tabel 6 dan gambar 14 di atas, deviasi terbesar terjadi pada elemen pelat dengan nilai -10,25% dan selisih 91,34 m^3 , yang mengindikasikan bahwa hasil ekstraksi QTO BIM 5 menghasilkan volume 10,25% atau 91,34 m^3 lebih kecil dibandingkan metode konvensional pada elemen tersebut.

Elemen kolom dengan deviasi terendah -0,53%, hal ini sejalan dengan penelitian Umam at all bahwa elemen dengan geometri sederhana menghasilkan deviasi yang kecil

b. Perbandingan Biaya Pekerjaan

Tabel 7. Perbandingan biaya pekerjaan BIM dan Konvensional

Material Pembetonan				
Elemen struktur	Biaya Konvensional	Biaya BIM	Selisih	Deviasi (%)
Tie Beam	Rp. 144.829.122,90	Rp. 140.804.071,1	Rp. 4.025.051,8	-2,78
Balok	Rp. 866.683.367,55	Rp. 859.421.301,2	Rp. 7.262.066,35	-1
Kolom	Rp. 353.161.924,50	Rp. 351.282.758,75	Rp. 1.879.165,75	-0,53
Pelat	Rp. 1.080.229.338,6	Rp. 969.491.919,55	Rp. 110.737.419,05	-10,25
Total	Rp. 2.444.903.753,6	Rp. 2.321.000.050,6	Rp. 123.903.702,9	5,07



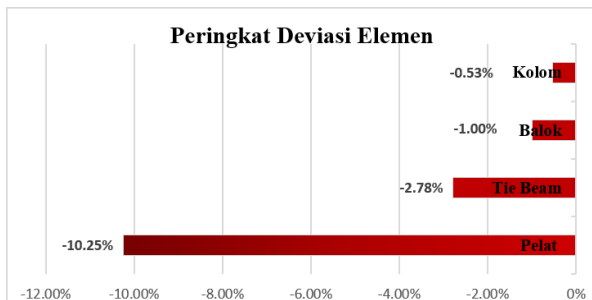
Gambar 14. Bar chart perbandingan Biaya

Dari data tabel 7 dan gambar 15 di atas, deviasi biaya pekerjaan terbesar terjadi pada elemen pelat dengan nilai -10,25% dan selisih biaya Rp.110.737.419,05, yang mengindikasikan bahwa hasil ekstraksi QTO BIM 5 menghasilkan biaya 10,25% atau Rp.110.737.419,05 lebih kecil dibandingkan metode konvensional pada elemen tersebut.

c. Pemeringkatan nilai deviasi elemen struktur

Tabel 8. Tabel pemeringkatan deviasi yang paling tinggi

No	Elemen struktur	Selisih QTO (m ³)	Selisih Biaya	Deviasi (%)
1	Pelat	91,34	Rp. 110.737.419,05	-10,25
2	Tie Beam	3,32	Rp. 4.025.051,8	-2,78
3	Balok	5,99	Rp. 7.262.066,35	-1
4	Kolom	1,55	Rp. 1.879.165,75	-0,53



Gambar 15. Column Chart peringkat deviasi

Dari data tabel 8 dan gambar 16 di atas, deviasi QTO dan Biaya terendah terjadi pada elemen balok kemudian deviasi tertinggi terjadi pada elemen pelat.

Deviasi -10,25% pada elemen pelat menunjukkan volume QTO BIM 5D lebih rendah dari perhitungan konvensional. Di indikasi hal ini disebabkan metode manual sulit mendeteksi overlap antara pelat dengan balok dan drop panel, perhitungan manual cenderung menghitung full tebal pelat tanpa dikurangi volume balok yang menembus sehingga terjadi *double counting*. Sementara BIM 5D dengan LOD 300 menghitung

geometri 3D aktual sehingga *overlap* terpotong otomatis. Kondisi ini sejalan dengan penelitian [19], [20] yang menyatakan bahwa elemen dengan detail lebih kompleks seperti pelat lantai cenderung menghasilkan deviasi lebih tinggi.

Hasil perhitungan kontribusi elemen struktur terhadap total selisih estimasi biaya

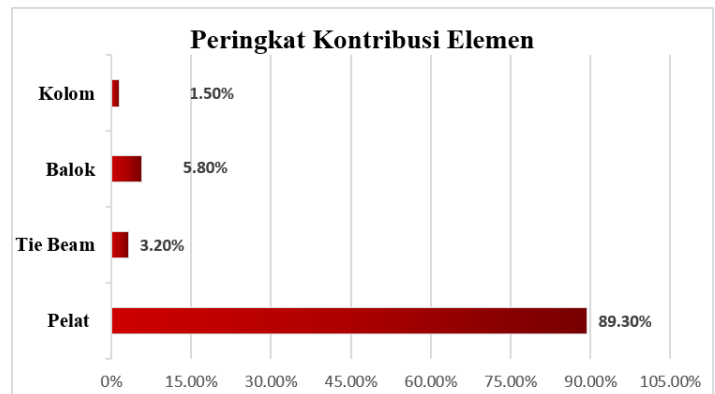
Tabel 9. Rekapitulasi hasil kontribusi elemen struktur terhadap total selisih biaya

Elemen struktur	Biaya Konvensional	Biaya BIM	Selisih	Kontribusi (%)
Tie Beam	Rp. 144.829.122,90	Rp. 140.804.071,1	Rp. 4.025.051,8	3,2
Balok	Rp. 866.683.367,55	Rp. 859.421.301,2	Rp. 7.262.066,35	5,8
Kolom	Rp. 353.161.924,50	Rp. 351.282.758,75	Rp. 1.879.165,75	1,5
Pelat	Rp. 1.080.229.338,6	Rp. 969.491.919,55	Rp. 110.737.419,05	89,3
Total	Rp. 2.444.903.753,6	Rp. 2.321.000.050,6	Rp. 123.903.702,9	100

Dari data tabel 9 diatas, nilai kontribusi terbesar terhadap total selisih biaya trjadi pada elemen pelat dengan kontribusi 89,3%

Tabel 10. Pemeringkatan nilai kontribusi terhadap total biaya

NO	Elemen struktur	Selisih Biaya	Kontribusi (%)
1	Pelat	Rp. 110.737.419,05	89,3
2	Balok	Rp. 4.025.051,8	5,8
3	Tie Beam	Rp. 7.262.066,35	3,2
4	Kolom	Rp. 1.879.165,75	1,5



Gambar 16. Column chart peringkat kontribusi terhadap total biaya

Dari data tabel 10 dan gambar 17 di atas, elemen pelat memberikan kontribusi terbesar terhadap total selisih biaya pekerjaan struktur (89,3%), di ikuti balok (5,8%), *Tiebeam* (3,2%), dan kolom (1,5%). Dengan demikian elemen pelat dan

V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan pemodelan yang telah di lakukan penerapan BIM 5D menggunakan Autodesk Revit 2024 mampu menghasilkan proses *Quantity Take-Off* (QTO) yang

lebih sistematis, terintegrasi, dan efisien dibandingkan metode konvensional. Seluruh volume pekerjaan struktur diperoleh secara otomatis dari model tiga dimensi yang telah dimodelkan berdasarkan gambar *Detail Engineering Design* (DED), sehingga meminimalkan kesalahan akibat perhitungan manual dan meningkatkan konsistensi data kuantitas material.

2. Hasil ekstraksi QTO menggunakan BIM 5D menghasilkan total volume material pembetonan sebesar 1.914,44 m³ dengan estimasi biaya sebesar Rp2.321.000.050,60, sedangkan metode konvensional menghasilkan volume sebesar 2.016,64 m³ dengan estimasi biaya Rp2.444.903.753,60. Dengan demikian, metode BIM menghasilkan volume dan estimasi biaya yang lebih kecil dibandingkan metode konvensional, dengan selisih volume sebesar 102,20 m³ atau sekitar 5,07% dari volume metode konvensional. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa proses ekstraksi kuantitas berbasis BIM memberikan hasil yang lebih terstruktur, konsisten, dan mampu mengurangi potensi terjadinya perhitungan ganda maupun kesalahan manual pada proses *Quantity Take-Off*.
3. Berdasarkan hasil analisis deviasi pada setiap elemen struktur, elemen pelat merupakan elemen yang paling rentan mengalami perbedaan hasil *Quantity Take-Off* antara metode BIM 5D dan metode konvensional. Elemen pelat menunjukkan deviasi sebesar -10,25% dengan selisih volume 91,34 m³, jauh lebih besar dibandingkan tie beam (-2,78%), balok (-1,00%), dan kolom (-0,53%). Hasil ini mengindikasikan bahwa karakteristik geometri pelat yang memiliki luasan besar, banyak bukaan, serta keterkaitan dengan elemen struktur lainnya menyebabkan proses perhitungan secara manual lebih berpotensi menghasilkan perbedaan dibandingkan ekstraksi otomatis melalui model BIM.
4. Kontribusi setiap elemen terhadap total selisih estimasi biaya menunjukkan bahwa elemen pelat memberikan pengaruh terbesar, yaitu sebesar 89,3% dari total selisih biaya pekerjaan struktur. Sementara itu, kontribusi elemen lainnya relatif kecil, yaitu balok sebesar 5,8%, tie beam sebesar 3,2%, dan kolom sebesar 1,5%. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun deviasi pada beberapa elemen relatif kecil, perbedaan volume pada elemen pelat memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap total estimasi biaya proyek

karena proporsi volumenya merupakan yang terbesar di antara seluruh elemen struktur.

REFERENSI

- [1] I. W. Januar and I. Sadad, "Implementasi Building Information Modelling Dalam Quantity Take Off Material Struktur Abutment Jembatan Terhadap Volume Rencana," no. 26, 2022.
- [2] H. Umam, FN, Erizal, E. and Putra, "Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi Building Information Modeling (BIM) 5D," *Teras J. J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 245–256, 2022, doi: <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.704>.
- [3] R. D. Novita and E. K. Pangestuti, "Analisa Q Uantity Take Off D An R Encana A Nggaran B Iaya D Engan M Etode Building Information Modeling (Bim) Menggunakan S Oftware Autodesk Revit 2019 (Studi Kasus : G Edung L P3 U Niversitas N Egeri S Emarang) Quantity Take Off Analys," vol. 14, no. 1, pp. 27–31, 2021.
- [4] V. A. Amalina Farhana, "IMPLEMENTASI KONSEP BIM 5D PADA PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK GEDUNG.pdf," *J. RAB Contruction Res.*, vol. 7, no. 2, 2022.
- [5] Kementrian PUPR, "Pembangunan Bangunan Gedung Negara," no. klasifikasi risiko bangunan gedung, 2018.
- [6] Idrus Ilham, "Implementasi BIM pada Proyek Konstruksi Gedung untuk Meningkatkan Keselamatan dan Mengurangi Risiko: Studi Kasus Gedung Rumah Susun di Kabupaten Gowa," *Bangunan Konstr.*, vol. 3, no. 2, pp. 178–186, 2025, doi: <https://doi.org/10.63877/jbk.v3i2.180>.
- [7] Kementrian PUPR, "Implementasi Building Information Modelling pada Pembangunan Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat," 2024.
- [8] F. M. Danubrata, M. Abdhy, and G. Hs, "Peningkatan Efisiensi dengan Integrasi BIM 5D : Literature Review," vol. XI, no. 2, pp. 19108–19112, 2026.
- [9] SNI 6880:2016, "Spesifikasi beton struktural," p. 8, 2016.
- [10] Endeion, "Penjelasan Tingkat Pengembangan BIM: LOD 100, 200, 300, 350, 400, dan 500," Endeion Engineering Service. [Online]. Available: <https://endeion.com/bim-levels-of-development-explained-lod-100-200-300-350-400-and-500/>
- [11] R. A. Wibowo, P. A. Dwiyan, and J. E. Susanti, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan Comparative Analysis of Concrete QTO Using BIM and Conventional," vol. 9, no. 4, pp. 2141–2150, 2025.
- [12] United BIM, "Deteksi Benturan dalam BIM: Panduan Lengkap untuk Tim Konstruksi," 2025, [Online]. Available: <https://www.united-bim.com/what-is-clash-detection-in-bim-process-benefits-and-future-scope-in-modern-day-aec-industry/>
- [13] A. Muh, A. Sadiq, Z. A. Halim, and S. F. Marzuki, "Perencanaan Pembangunan Gapura di Desa Wisata Kayuloe Timur Kecamatan Turatea Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan," vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [14] Z. A. Halim, A. Muhammad, A. Sadiq, and S. Musdalifah, "Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Jalan Penghubung Desa Maccinibaji dan Desa Tompotana Kepulauan Tanakeke Kabupaten Takalar," vol. 03, no. 1, pp. 108–112, 2025.
- [15] F. S. Sabila, W. Sari, R. Gunadi, and U. Wusqo, "Analisis Perilaku Struktur Gedung Ber- Layout L Delapan Lantai dengan Penambahan Sistem Dilatasi," vol. 10, no. 02, pp. 140–150, 2024.
- [16] A. M. Ashad and Z. Arifin, "Perencanaan Pembangunan Tugu Batas Desa Bontomatene Kecamatan Turatea Kabupaten Jeneponto," vol. I, no. 1, pp. 1–5, 2023.
- [17] I. Idrus, B. Umar, and A. Anwar, "Pemetaan Wilayah untuk Mendukung Perencanaan Pembangunan Infrastruktur di Kecamatan Soreang," vol. 03, no. 1, pp. 113–122, 2025.
- [18] SNI 2847, "Penetapan Standar Nasional Indonesia 2847 : 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013," no. 8, p. 35, 2019.
- [19] I. Sadad and D. Noviantoro, "Implementasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Metode Quantity Take Off Untuk Menentukan Volume Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Perpustakaan Kabupaten Pesawaran) Implementation of Building Information Modeling (BIM)," vol. 09, 2024, doi: <https://doi.org/10.31602/jk.v5i1.7603>.
- [20] G. J. Johari and L. L. Hakim, "Pengaruh Implementasi Revit-BIM terhadap Akurasi Quantity Take-Off Struktur Pada Proyek Bangunan Komersial," no. 2022, pp. 852–862, 2026, doi: 10.33364/konstruksi/v.24-1.2809.