

ANALISIS QUANTITY TAKE OFF (QTO) STRUKTUR SALURAN TERBUKA OUTLET MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL DAN BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Andrew Kolose Tua Lumban Tobing¹ Ekodjati Tunggulgeni² Suprayogi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, kolosetobing12@gmail.com, ekodjati2463@gmail.com, suprayogi0463@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur sumber daya air seperti bendungan memerlukan perhitungan kuantitas material yang akurat untuk mendukung ketepatan estimasi biaya dan pengendalian konstruksi. Namun, metode Quantity Take Off (QTO) konvensional berbasis gambar 2D masih menghadapi keterbatasan terkait akurasi, efisiensi waktu, serta risiko kesalahan interpretasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan hasil QTO menggunakan metode konvensional dan Building Information Modelling (BIM) pada pekerjaan struktur Saluran Terbuka Outlet Bendungan Cijurey Paket 1, serta menilai potensi BIM dalam meningkatkan efektivitas perencanaan kuantitas dan biaya konstruksi. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder berupa *shop drawing*, gambar kerja AutoCAD, serta Harga Satuan Pekerjaan (HSP). Perhitungan konvensional dilakukan melalui pengukuran manual dimensi pada *shop drawing*, sedangkan metode BIM menggunakan pemodelan 3D Autodesk Revit untuk menghasilkan QTO secara otomatis melalui fitur *schedule*. Data kuantitas dari kedua metode diekspor ke Microsoft Excel untuk dianalisis lebih lanjut. Perbandingan dilakukan terhadap volume beton yang dihasilkan, tingkat akurasi, efisiensi waktu, serta implikasi biaya berdasarkan deviasi kuantitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total volume beton menggunakan metode konvensional adalah 12.333,878 m³, sementara metode BIM menghasilkan 12.346,36 m³ dengan deviasi sebesar 0,10%. Meskipun selisihnya relatif kecil, BIM memberikan perhitungan yang lebih akurat karena mampu menangkap detail geometrik yang tidak teridentifikasi pada metode manual. BIM terbukti lebih efisien dalam waktu pengerjaan dan menghasilkan estimasi biaya yang lebih realistis dengan perbedaan nilai sebesar Rp 20.777.192 yang menguntungkan bagi kontraktor karena total pendapatan yang didapat lebih besar dibandingkan perhitungan konvensional. Secara keseluruhan, penerapan BIM terbukti meningkatkan akurasi, konsistensi, dan efektivitas proses QTO pada proyek infrastruktur skala besar

Kata kunci : *Quantity Take Off, Building Information Modelling, Biaya*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur sumber daya air seperti bendungan memiliki peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan, penyediaan air baku, serta pengendalian banjir [1]. Bendungan juga berfungsi sebagai infrastruktur strategis dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan [2]. Salah satu komponen penting

dalam konstruksi bendungan adalah saluran pengelak (*diversion channel*), yang berfungsi untuk mengalihkan aliran sungai selama proses pembangunan tubuh bendungan berlangsung sehingga pekerjaan konstruksi dapat dilakukan dalam kondisi kering dan aman.

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, khususnya pada pekerjaan bendungan, perhitungan volume pekerjaan atau *Quantity Take-Off* (QTO) menjadi aspek krusial dalam menentukan estimasi biaya dan perencanaan proyek. Ketepatan QTO sangat mempengaruhi penyusunan anggaran biaya, jadwal pelaksanaan, serta pengendalian proyek secara keseluruhan [3]. Namun demikian, metode konvensional berbasis gambar dua dimensi (2D CAD) masih banyak digunakan dalam praktiknya, meskipun metode ini memiliki berbagai keterbatasan seperti potensi kesalahan manusia (*human error*), waktu pengerjaan yang relatif lama, serta ketidakakuratan akibat interpretasi gambar yang kompleks [4].

Seiring perkembangan teknologi, *Building Information Modelling* (BIM) hadir sebagai pendekatan digital yang mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses QTO. BIM memungkinkan integrasi data dalam model tiga dimensi (3D) yang terkoordinasi, sehingga perhitungan volume dapat dilakukan secara otomatis dan lebih akurat [5]. Selain itu, BIM juga mendukung pengembangan ke arah 5D BIM, yaitu integrasi antara model geometri dengan informasi biaya, sehingga memberikan transparansi dan kontrol yang lebih baik dalam estimasi anggaran proyek [6].

Ketidakakuratan dalam proses QTO dapat berdampak signifikan terhadap kinerja proyek, seperti terjadinya kesalahan seperti underestimasi perencanaan, pembengkakan biaya (*cost overrun*), keterlambatan jadwal, serta inefisiensi dalam penggunaan sumber daya [7]. Dalam proyek berskala besar seperti bendungan, kesalahan kecil dalam estimasi kuantitas dapat menghasilkan selisih biaya yang sangat besar, mengingat volume pekerjaan yang tinggi dan kompleksitas struktur yang terlibat.

Permasalahan utama pada metode konvensional terletak pada keterbatasan dalam menangani geometri kompleks serta kurangnya integrasi antar-disiplin pekerjaan, yang berpotensi menyebabkan duplikasi data dan inkonsistensi informasi [8]. Hal ini menjadi tantangan dalam proyek bendungan, terutama pada pekerjaan struktur seperti saluran pengelak yang memiliki bentuk geometris tidak sederhana.

Penerapan BIM menawarkan solusi melalui kemampuan visualisasi 3D, deteksi benturan (*clash detection*), serta integrasi data yang memungkinkan peningkatan akurasi dan efisiensi dalam perhitungan QTO [9]. Di Indonesia, penggunaan BIM juga mulai didorong dalam proyek konstruksi, terutama pada proyek pemerintah, guna meningkatkan transparansi, efisiensi, serta kualitas perencanaan dan pelaksanaan konstruksi [10]. Penelitian terkait perbandingan QTO metode konvensional dan BIM pada proyek bendungan masih terbatas, sehingga studi ini memiliki kontribusi dalam pengembangan penerapan BIM pada infrastruktur sumber daya air.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan QTO antara metode konvensional dan metode berbasis BIM pada pekerjaan struktur saluran pengelak di Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat akurasi,

efisiensi, serta potensi penerapan BIM dalam meningkatkan kualitas perencanaan biaya pada proyek infrastruktur sumber daya air.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Quantity Take Off (QTO)

1) Definisi QTO dan prinsip dasar

Quantity Take Off (QTO) adalah proses sistematis yang mengidentifikasi item pekerjaan dari gambar/rencana dan menghitung jumlah unit (panjang, luas, volume, berat) yang diperlukan untuk pekerjaan konstruksi. Hasil QTO menjadi dasar untuk penyusunan Bill of Quantities (BoQ), estimasi biaya, pengadaan material, dan penjadwalan proyek. Dalam praktik modern, QTO menjadi langkah krusial untuk mengurangi risiko biaya berlebih dan keterlambatan proyek [11]. Dalam praktik modern, QTO dapat dilakukan secara manual dari gambar kerja 2-dimensi maupun secara otomatis/semiautomatis dari model digital (BIM), dengan tujuan menghasilkan daftar kuantitas yang komprehensif dan terstruktur sebagai input utama bagi estimasi biaya dan perencanaan pengadaan material [12]. Prinsip dasar QTO meliputi (1) definisi item pekerjaan dan batasannya menurut lingkup kerja, (2) penerapan aturan pengukuran yang konsisten (mis. unit, pembulatan, pengurangan untuk sambungan bila relevan), dan (3) verifikasi silang antara sumber gambar/spesifikasi untuk memastikan konsistensi data sebelum digunakan pada tahap estimasi biaya. [12]

2) Peran QTO dalam estimasi biaya

QTO merupakan fondasi teknis bagi penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) karena kuantitas yang akurat menentukan besaran kebutuhan material, tenaga kerja, dan alat yang kemudian dikalikan dengan harga satuan untuk menghasilkan anggaran biaya. Ketidakakuratan QTO (over atau under-estimation) secara langsung berdampak pada deviasi biaya, risiko klaim kontraktual, dan ketidaksesuaian antara rencana dan realisasi proyek [13]. Penggunaan metode berbasis BIM mempercepat ekstraksi kuantitas dan memungkinkan analisis skenario biaya (5D) dengan memanfaatkan parameter semantik dan jadwal terkait; namun manfaat ini menuntut kontrol kualitas model (LOD, atribut material, dan klasifikasi) agar hasil QTO 5D dapat dipercaya sebagai dasar estimasi [14].

2.2 Metode Konvensional QTO

Metode Quantity Take-Off (QTO) konvensional lazim dilakukan dengan mengacu pada gambar kerja dua dimensi (2D) atau gambar CAD, di mana estimator mengekstraksi dimensi elemen secara manual dari gambar rencana, potongan, dan detail. Pendekatan ini masih umum digunakan karena gambar 2D dianggap sebagai format standar dalam komunikasi desain, meskipun penggunaannya menimbulkan ketergantungan pada interpretasi manusia terhadap simbol dan representasi grafis [15]. Selain itu, meskipun perangkat lunak CAD membantu dalam visualisasi, proses QTO tetap berbasis *sheet-based interpretation*, yang cenderung menimbulkan ketidakkonsistenan ketika estimator menghadapi geometri yang kompleks atau perubahan desain yang tersembunyi dalam gambar 2D [13].

Teknik pengukuran manual (QTO konvensional) umumnya dilakukan dengan membaca skala pada gambar 2-dimensi (2D) dan mengukur dimensi elemen secara manual dari gambar rencana, potongan, dan detail; hasil pengukuran ini kemudian dihitung menggunakan rumus-rumus geometri dasar. Proses ini seringkali memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan karena bergantung pada interpretasi simbol pada gambar; untuk mempermudah perhitungan, estimator biasanya memecah elemen konstruksi yang kompleks menjadi bentuk-bentuk geometris sederhana (mis. membagi dinding saluran menjadi beberapa bidang datar) sebelum menghitung kuantitasnya [16]. Verifikasi manual manusia sehingga prosesnya memakan waktu terutama untuk proyek berskala besar dan geometri non-standar [17][15].

Metode konvensional QTO menghadapi sejumlah kendala yang berdampak pada akurasi dan efisiensi. Pertama, ketergantungan pada gambar 2D mengabaikan representasi tiga dimensi kondisi aktual sehingga detail-detail kecil (fillet, chamfer, interferensi topografi) sering tidak termodelkan dalam perhitungan, yang menyebabkan *under-takeoff* atau deviasi kuantitas [17]. Kedua, interpretasi manusia terhadap gambar menimbulkan variabilitas antar estimator; pembulatan dimensi, asumsi terhadap sambungan, dan cara menghitung elemen gabungan dapat menimbulkan selisih hasil signifikan [13]. Ketiga, penggunaan gambar kertas atau 2D di lapangan tetap populer karena kemudahan akses dan kebiasaan operasional namun hal ini membatasi integrasi data survei topografi dan perubahan desain dinamis yang biasanya mempengaruhi kuantitas aktual [15].

2.3 QTO Berbasis BIM

Building Information Modelling (BIM) merupakan metode kolaboratif yang memanfaatkan representasi digital terintegrasi dari karakteristik fisik dan fungsional suatu bangunan atau infrastruktur, sehingga model BIM tidak hanya merepresentasikan geometri 3-dimensi tetapi juga memuat atribut semantik yang dapat digunakan untuk ekstraksi kuantitas dan analisis biaya (5D) secara otomatis [12]. Dalam konteks QTO, 3D BIM menyediakan geometri-level data untuk perhitungan volume, luas, dan panjang, sedangkan 5D BIM mengasosiasikan kuantitas tersebut dengan harga satuan dan jadwal biaya sehingga memungkinkan estimasi anggaran yang terhubung langsung ke model [18].

BIM memungkinkan otomatisasi sebagian besar langkah QTO ekstraksi kuantitas dapat dilakukan langsung melalui *schedules* sehingga mengurangi intervensi manual dan mempercepat proses pra-konstruksi [13]. Selain itu, kemampuan *clash detection* dan pemodelan 3D membantu mengidentifikasi interferensi (overlap geometry/duplikasi) sebelum ekstraksi kuantitas sehingga mengurangi risiko *over-takeoff* atau *double counting* yang sering terjadi pada metode semi-manual [19]. Selanjutnya, karena model BIM dapat dihubungkan ke basis data biaya, perubahan desain yang terjadi dapat secara dinamis mencerminkan revisi kuantitas dan dampak biaya secara real-time pada 5D workflow [12].

Keakuratan QTO berbasis BIM sangat ditentukan oleh penataan parameter dalam objek-objek model; khususnya *families* (komponen berparameter di Revit), material assignment, shared parameters untuk informasi kuantitatif, serta penggunaan *schedules* (jadwal/Revit schedules) yang mengekstrak atribut tersebut menjadi daftar kuantitas [17]. Jika *family* tidak direkayasa dengan parameter yang benar atau material/kelas yang inkonsisten, maka hasil

schedule akan memproduksi kuantitas yang menyestatkan penelitian menunjukkan deviasi besar pada ekstraksi kuantitas bila atribut family tidak konsisten [19].

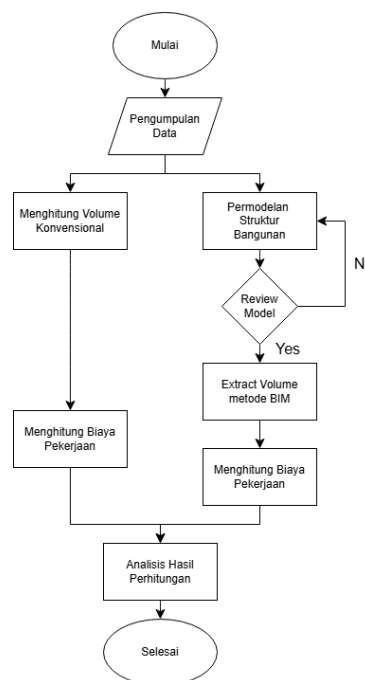
Penelitian oleh Nugroho dan Sari (2024) menunjukkan bahwa metode BIM menghasilkan estimasi biaya yang lebih presisi dibandingkan metode manual, dengan selisih deviasi volume yang sangat kecil pada pekerjaan struktur seperti kolom, balok, dan pelat. Selain itu, BIM juga memungkinkan pembaruan otomatis terhadap estimasi biaya apabila terjadi perubahan desain, sehingga proses pengendalian biaya menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika proyek [20].

Dalam praktik umum dengan Autodesk Revit, langkah QTO meliputi: (1) pemodelan elemen (menggunakan family sesuai LOD yang disepakati), (2) penugasan material dan parameter kuantitatif (shared parameters), (3) pembuatan schedules yang memfilter dan mengkalkulasi atribut numerik seperti volume dan berat, dan (4) ekspor hasil ke spreadsheet atau *software* 5D untuk pengaitan dengan harga dan cashflow (Liu et al., 2022; Pishdad, 2024). Studi studi kasus menunjukkan bahwa bila workflow dan family distandarisasi, deviasi antara QTO Revit dan kuantitas aktual dapat dicecilkan sampai mendekati 0% tetapi hal ini bergantung pada kualitas model dan kontrol parameter sejak tahap desain awal [19][18]. Akhirnya, integrasi data survei topografi dan kondisi lapangan (surface/DEM) ke dalam model infrastruktur seringkali menjadi hambatan yang menyebabkan perbedaan kuantitas antara model virtual dan kondisi lapangan nyata [13].

3 METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Diagram alir (flowchart) pada Gambar 3.1 berikut menyajikan gambaran mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Analisis Penulis, 2026)

1) Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam penelitian ini. Data dalam penelitian ini berupa Construction Drawing Struktur saluran terbuka Blok 17-31 dan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1

2) Pengolahan Data Quantity Take-Off Metode Konvensional

Pada metode konvensional, pengolahan data Quantity Take-Off (QTO) dilakukan secara manual berdasarkan gambar kerja dua dimensi. Estimator meninjau setiap detail gambar, mengukur dimensi elemen konstruksi, kemudian menghitung volume, luas, atau panjang menggunakan rumus-rumus geometri dasar. Hasil pengukuran tersebut dicatat dan direkap dalam tabel kuantitas. Proses ini memerlukan ketelitian tinggi karena sangat bergantung pada interpretasi manusia, sehingga berpotensi menimbulkan perbedaan hasil antar estimator.

3) Estimasi Biaya Berdasarkan Quantity Take-Off Metode Konvensional

Pada metode konvensional, estimasi biaya dilakukan dengan mengalikan hasil perhitungan kuantitas manual dengan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) yang berlaku. Setelah volume setiap item pekerjaan diperoleh dari gambar 2D, proses penyusunan biaya dilakukan melalui rekapitulasi manual dalam tabel Excel.

4) Pemodelan 3D saluran pengelak dengan *Software* Autodesk Revit

Pada penelitian ini, model 3D yang dikembangkan adalah model Saluran Terbuka Outlet Bendungan Cijurey Paket 1, yang dibangun berdasarkan data dari gambar kerja konstruksi sebagai representasi visual dan teknis dari desain yang direncanakan. Pemodelan diawali persiapan dengan melakukan *setting* pada *software* Autodesk Revit, mengatur satuan yang akan digunakan dalam project unit, membuat level yang dibutuhkan sesuai dengan data elevasi tanah pada setiap bagian, dan membuat grid yang nantinya akan digunakan dalam proses pemodelan. Pemodelan Struktur yang dilakukan pada Saluran Terbuka Bendungan Cijurey adalah wall kiri, wall kanan dan slab

Untuk menginput informasi pada model dalam *software* Autodesk Revit, dapat dilakukan dengan membuat Project Parameters. Selanjutnya *review model* dibutuhkan untuk memastikan kesesuaian posisi antar masing-masing elemen bangunan agar tidak saling bersenggolan (*clash*) sehingga hasil dari Quantity Take-Off dapat lebih akurat. Dalam Autodesk Revit, seluruh informasi proyek tersimpan dalam satu basis data terintegrasi sehingga setiap perubahan pada elemen model otomatis tercermin pada seluruh tampilan, termasuk 3D, denah, dan estimasi biaya. Sistem ini meningkatkan konsistensi data dan mempercepat proses revisi.

5) Pengolahan Data Quantity Take-Off Metode BIM

Penerapan Building Information Modeling (BIM) melalui Autodesk Revit memungkinkan proses quantity take-off dilakukan secara lebih cepat, sistematis, dan akurat. Dengan memanfaatkan model 3D yang telah dibangun, volume elemen beton dapat dihitung secara otomatis sehingga mengurangi ketergantungan pada perhitungan manual yang rentan kesalahan. Data kuantitas tersebut dihasilkan dari Quantity Schedule Revit dan diekspor ke Microsoft Excel untuk analisis dan perbandingan lebih lanjut.

6) Estimasi Biaya Berdasarkan Quantity Take-Off Metode BIM

Estimasi biaya menggunakan metode BIM dilakukan dengan memanfaatkan data kuantitas yang dihasilkan secara otomatis dari model Revit. Setelah seluruh volume pekerjaan seperti beton diperoleh melalui Quantity Take-Off Metode BIM, nilai biaya dihitung dengan mengalikan setiap item pekerjaan dengan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) yang berlaku. Pendekatan ini memungkinkan estimasi biaya yang lebih akurat karena kuantitas yang digunakan berasal dari pemodelan tiga dimensi yang menangkap dimensi dan detail elemen secara lengkap.

7) Perbandingan Hasil Quantity Take-Off

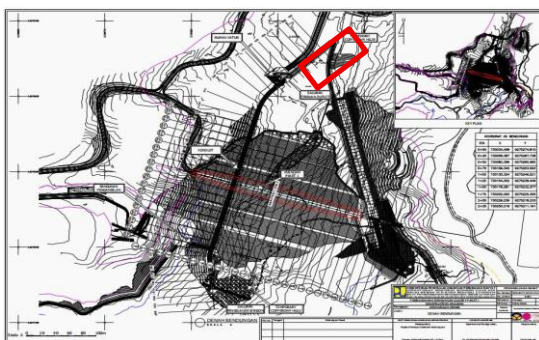
Dalam penelitian ini dilakukan analisis perbandingan antara estimasi biaya menggunakan metode konvensional dan metode BIM pada pemodelan saluran terbuka outlet. Tujuannya adalah menilai perbedaan volume pekerjaan, efisiensi waktu proses, serta potensi error dari masing-masing metode. Metode konvensional mengandalkan pembacaan gambar kerja dan perhitungan manual menggunakan Excel, sedangkan BIM menggunakan model digital tiga dimensi dari Autodesk Revit yang secara otomatis menghasilkan quantity take-off.

3.2 Lokasi dan Objek Studi

Proyek pembangunan Cijurey berada di Kecamatan Cariu, Sukamakmur, dan Tanjungsari, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dengan koordinat garis bujur -6.553687° dan garis lintang 107.081311° . Penelitian ini berfokus pada penerapan BIM dalam proyek pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1, dengan output yang mencakup quantity take-off dan estimasi biaya pada pekerjaan Saluran Terbuka Outlet Blok 7-31. Denah lokasi dan gambaran situasi objek penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang diambil menggunakan aplikasi Google Earth Pro.



Gambar 2. Lokasi Objek Penelitian (Dokumentasi Penulis, 2026)



Gambar 3. Layout Bendungan Cijurey (Data Proyek, 2026)

3.3 Metode Pengumpulan Data

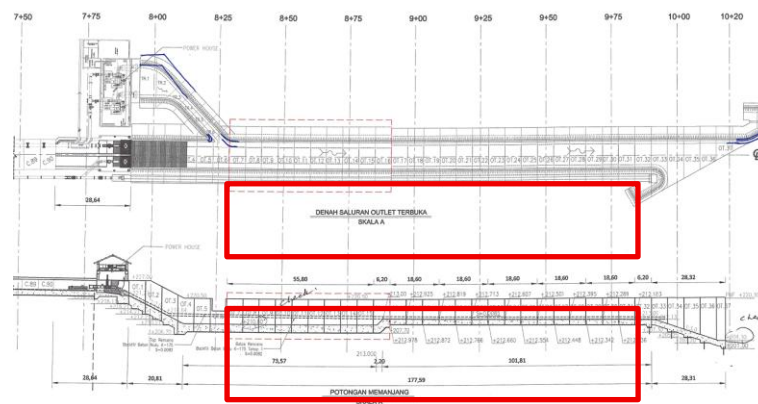
Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder disediakan oleh karyawan proyek terdiri atas Construction Drawing pekerjaan Struktur Saluran Terbuka Outlet Blok 7–31 Bendungan Cijurey Paket 1 dalam format DWG, yang merupakan hasil penggambaran 2D yang dibuat menggunakan *software* AutoCAD. Selain itu dokumen Harga Satuan Pekerjaan Pembetonan K225 pada Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1. Gambar kerja tersebut berfungsi sebagai acuan utama untuk memperoleh informasi geometrik, spesifikasi teknis, dan detail konstruksi yang diperlukan dalam perhitungan kuantitas menggunakan metode konvensional. Sementara itu, Harga Satuan Pekerjaan digunakan untuk menganalisis implikasi biaya dari hasil Quantity Take Off (QTO) antara metode konvensional dan metode berbasis Building Information Modelling (BIM).

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Revit 2024 dan Microsoft Excel. Revit 2024 berfungsi untuk membuat model 3D saluran terbuka outlet serta menghasilkan quantity take-off secara otomatis sebagai dasar perhitungan metode BIM, yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan metode konvensional. Sementara itu, Microsoft Excel digunakan untuk merekap, mengolah data volume pekerjaan, dan menyusun estimasi biaya pada metode konvensional, sehingga kedua pendekatan dapat dianalisis secara sistematis.

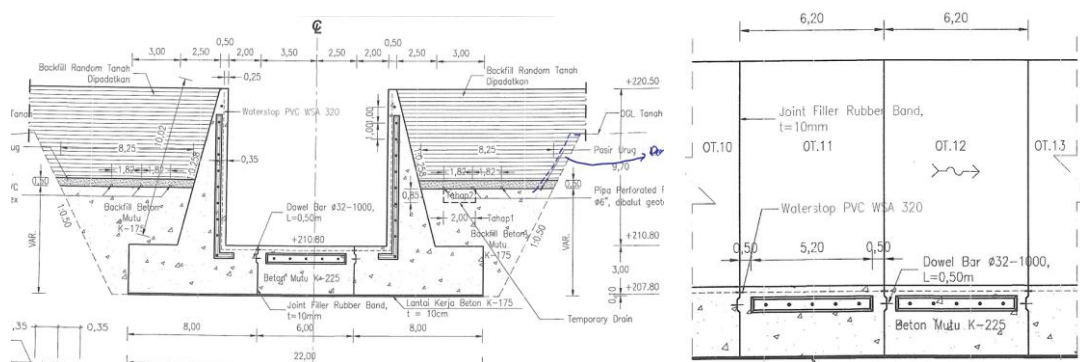
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Quantity Take Off Metode Konvensional

Berikut ini merupakan construction drawing Saluran terbuka Outlet



Gambar 4. Bagan Denah dan Potongan Memanjang Saluran Terbuka (Data Proyek, 2026)



Gambar 5. Potongan Melintang dan Detail Saluran Terbuka (Data Proyek, 2026)

Perhitungan volume pada metode konvensional dalam penelitian ini sepenuhnya didasarkan pada *shop drawing* saluran terbuka outlet yang digunakan sebagai acuan utama untuk memperoleh dimensi geometrik setiap elemen struktur. *Shop drawing* tersebut menyediakan detail teknis seperti ukuran penampang, panjang segmen, ketebalan dinding, elevasi, serta konfigurasi geometri lainnya yang diperlukan untuk melakukan pengukuran manual. Seluruh nilai dimensi yang tercantum dalam gambar kemudian diinterpretasikan, diukur kembali sesuai skala, dan dihitung menggunakan rumus geometri untuk memperoleh volume beton pada setiap blok OT 7–31. Dengan demikian, akurasi QTO konvensional sangat bergantung pada ketelitian pengukuran dan interpretasi terhadap *shop drawing*, yang menjadi sumber utama seluruh data kuantitas dalam metode ini. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan konvensional.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Volume Metode Konvensional (Analisis Penulis, 2026)

No	Item Pekerjaan	Lokasi	Perhitungan Volume Konvensional (m ³)
1	Beton (K-225)	OT 7 - 15	5577,21
2	Beton (K-225)	OT 16	643,22
3	Beton (K-225)	OT 17 - 19	1201,374
4	Beton (K-225)	OT 20 - 22	1212,534
5	Beton (K-225)	OT 23 - 25	1223,694
6	Beton (K-225)	OT 26 - 28	1233,18
7	Beton (K-225)	OT 29 - 31	1242,666
TOTAL			12333,878

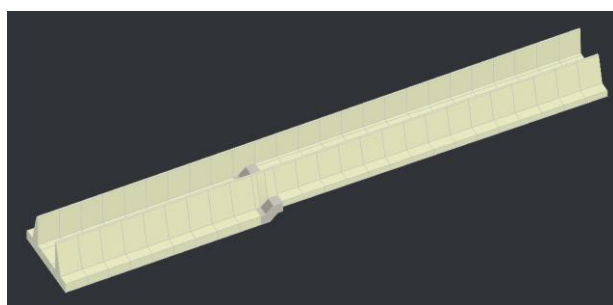
Berdasarkan hasil perhitungan manual menggunakan metode konvensional, volume pekerjaan beton K-225 pada saluran terbuka outlet OT 7–31 diperoleh seperti ditampilkan pada tabel. Secara umum, volume beton pada OT 7–15 menunjukkan nilai seragam sebesar 619,69 m³ karena memiliki dimensi yang sama. Volume OT 16 adalah 643,22 m³ karena memiliki dimensi khusus yang berbeda dari blok OT lainnya. OT 17 hingga OT 31 terjadi variasi volume antara 400,458 m³ hingga 414,222 m³ untuk setiap masing-masing bloknnya akan tetapi ada kesamaan diantara beberapa blok seperti OT 17 hingga OT 19, OT 20 hingga OT 22, OT 23 hingga OT 25, OT 26 hingga OT 28, dan OT 29 hingga OT 31. Total volume keseluruhan mencapai 12.333,878 m³. Keseragaman volume pada beberapa titik menunjukkan kemiripan desain, namun variasi pada segmen lainnya mencerminkan perbedaan dimensi geometrik berdasarkan gambar teknis.

Proses QTO secara konvensional memerlukan waktu relatif lebih lama karena perhitungan dilakukan dengan menginterpretasikan gambar kerja secara manual, mengukur setiap elemen, serta merekap hasilnya ke dalam Excel. Dalam penelitian ini, proses QTO manual untuk seluruh segmen outlet membutuhkan waktu lebih panjang dibanding metode BIM, terutama akibat banyaknya komponen struktural yang harus dihitung satu per satu. Selain itu, beberapa kesulitan yang muncul selama proses antara lain potensi kesalahan pembacaan gambar, perbedaan ketelitian pengukuran, serta kemungkinan terjadinya inkonsistensi akibat revisi gambar yang tidak terdeteksi

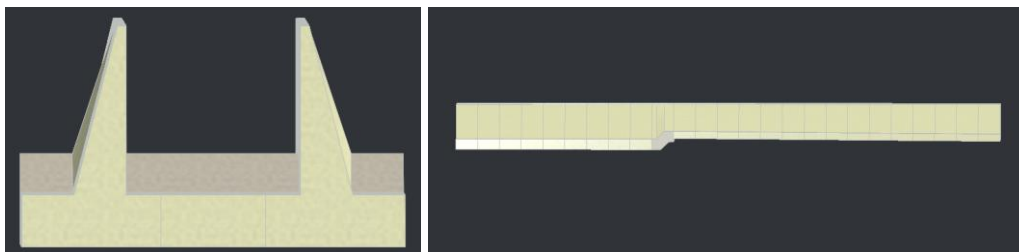
secara langsung. Faktor-faktor tersebut menjadikan metode konvensional lebih rentan terhadap error dan membutuhkan ketelitian tinggi agar hasil volume tetap akurat.

4.2 Quantity Take Off Berbasis BIM

Pada metode Building Information Modelling (BIM), perhitungan volume pekerjaan dilakukan berdasarkan model tiga dimensi yang merepresentasikan kondisi geometrik sebenarnya dari struktur saluran terbuka outlet. Model 3D yang dihasilkan menampilkan seluruh elemen struktural seperti dinding saluran dan lantai saluran dengan tingkat detail yang konsisten dengan gambar perencanaan. Visualisasi model ini memungkinkan identifikasi bentuk, dimensi, serta hubungan antar elemen secara menyeluruh sehingga proses pengambilan volume dapat dilakukan secara lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Gambar 6 dan 7 merupakan visualisasi dari model saluran pengelak.



Gambar 6. 3D Saluran Terbuka Outlet



Gambar 7. Tampak depan dan samping Saluran Terbuka Outlet

Proses ekstraksi quantity take-off (QTO) berbasis BIM dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, seluruh elemen struktural dimodelkan menggunakan Revit sesuai gambar kerja dan parameter desain. Setelah model selesai, setiap elemen diberikan kategori (category) dan parameter material yang sesuai sehingga dapat dikenali oleh sistem sebagai komponen beton K-225. Selanjutnya, Revit secara otomatis menyusun tabel schedule yang berisi informasi kuantitas setiap elemen, seperti panjang, luas, dan volume. Pengguna dapat melakukan filtrasi berdasarkan lokasi (misalnya OT 7–15, OT 16, dan seterusnya), serta mengelompokkan elemen berdasarkan jenis pekerjaan. Hasil akhir berupa tabel QTO ditampilkan langsung oleh perangkat lunak tanpa memerlukan perhitungan manual, sehingga meminimalkan risiko kesalahan input dan perbedaan interpretasi gambar. Berikut ini merupakan Tabel Quantity Take-Off dari aplikasi revit

A	B	C	D
PEKERJAAN	NO BLOK	TYPE BLOK	Material: Volume
	OT.17	17-19	400.74 m ³
	OT.18	17-19	401.78 m ³
	OT.19	17-19	403.16 m ³
	OT.20	20-22	404.35 m ³
	OT.21	20-22	405.28 m ³
	OT.22	20-22	406.31 m ³
	OT.23	23-25	407.34 m ³
	OT.24	23-25	408.27 m ³
	OT.26	26-28	410.23 m ³
	OT.27	26-28	411.26 m ³
	OT.28	26-28	412.19 m ³
	OT.29	29-31	413.13 m ³
	OT.30	29-31	414.16 m ³
	OT.31	29-31	415.18 m ³
	OT.7	7-15	619.69 m ³
	OT.8	7-15	619.69 m ³
	OT.9	7-15	619.69 m ³
	OT.10	7-15	619.69 m ³
	OT.11	7-15	619.69 m ³
	OT.12	7-15	619.69 m ³
	OT.13	7-15	619.69 m ³
	OT.14	7-15	619.69 m ³
	OT.15	7-15	619.69 m ³

Gambar 8. Hasil Quantity Take-Off dari Revit Autodesk (Analisis Autodesk, 2026)

Ringkasan hasil QTO berbasis BIM ditunjukkan pada Tabel 2. Volume total beton K-225 yang diperoleh dari pemodelan BIM adalah 12.346,36 m³, sedikit lebih besar dibanding metode konvensional. Pada segmen OT 7–15 diperoleh volume 5.577,21 m³, sedangkan pada segmen OT 16 volume meningkat menjadi 646,56 m³. Selanjutnya, volume beton untuk segmen OT 17–19, OT 20–22, OT 23–25, OT 26–28, dan OT 29–31 masing-masing adalah 1.205,68 m³, 1.215,94 m³, 1.224,82 m³, 1.233,68 m³, dan 1.242,47 m³. Variasi perbedaan volume ini terutama dipengaruhi oleh tingkat detail model 3D, seperti fillet struktur, perubahan elevasi kecil, serta ketelitian permukaan yang dimodelkan pada tiap segmen. Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan hasil perhitungan volume menggunakan metode BIM

Tabel 2. Hasil Perhitungan Volume Metode BIM (Analisis Penulis, 2026)

No	Item Pekerjaan	Lokasi	Perhitungan
			Volume QTO BIM (m ³)
1	Beton (K-225)	OT 7 - 15	5577,21
2	Beton (K-225)	OT 16	646,56
3	Beton (K-225)	OT 17 - 19	1205,68
4	Beton (K-225)	OT 20 - 22	1215,94
5	Beton (K-225)	OT 23 - 25	1224,82
6	Beton (K-225)	OT 26 - 28	1233,68
7	Beton (K-225)	OT 29 - 31	1242,47
TOTAL			12346,36

Dari sisi waktu pengerjaan, metode BIM terbukti lebih efisien. Waktu yang dibutuhkan untuk pemodelan dan ekstraksi QTO relatif singkat karena perubahan parameter atau dimensi langsung terintegrasi ke dalam model, dan pengambilan data kuantitas dapat dilakukan secara otomatis tanpa perhitungan manual. Proses ini tidak hanya mempercepat tahapan estimasi, tetapi juga mengurangi potensi kesalahan manusia sebagaimana sering terjadi pada metode konvensional. Dengan demikian, QTO berbasis BIM memberikan hasil yang lebih akurat, konsisten, dan mudah diverifikasi melalui visualisasi model, sehingga meningkatkan kualitas proses estimasi kuantitas pada pembangunan saluran terbuka outlet Bendungan Cijurey.

4.3 Analisis Hasil Perhitungan Quantity Take-Off

Data volume material yang telah diperoleh dari *Software* Autodesk Revit, kemudian dibandingkan dengan volume material hasil dari perhitungan metode konvensional. Berikut Tabel 3 perbandingan QTO berbasis BIM terhadap metode konvensional

Tabel 3. Perbandingan Hasil QTO metode konvensional dan metode BIM (Analisis Penulis, 2026)

No	Item Pekerjaan	Lokasi	Perhitungan Volume		Deviasi	
			Konvensional (m ³)	QTO BIM (m ³)	(m ³)	(%)
1	Beton (K-225)	OT 7	619,69	619,69	0.00	0.00%
2	Beton (K-225)	OT 8	619,69	619,69	0.00	0.00%
3	Beton (K-225)	OT 9	619,69	619,69	0.00	0.00%
4	Beton (K-225)	OT 10	619,69	619,69	0.00	0.00%
5	Beton (K-225)	OT 11	619,69	619,69	0.00	0.00%
6	Beton (K-225)	OT 12	619,69	619,69	0.00	0.00%
7	Beton (K-225)	OT 13	619,69	619,69	0.00	0.00%
8	Beton (K-225)	OT 14	619,69	619,69	0.00	0.00%
9	Beton (K-225)	OT 15	619,69	619,69	0.00	0.00%
10	Beton (K-225)	OT 16	643,22	646,56	3.34	0.52%
11	Beton (K-225)	OT 17	400,458	400,74	0.28	0.07%
12	Beton (K-225)	OT 18	400,458	401,78	1.32	0.33%
13	Beton (K-225)	OT 19	400,458	403,16	2.70	0.67%
14	Beton (K-225)	OT 20	404,178	404,35	0.17	0.04%
15	Beton (K-225)	OT 21	404,178	405,28	1.10	0.27%
16	Beton (K-225)	OT 22	404,178	406,31	2.13	0.52%
17	Beton (K-225)	OT 23	407,898	407,34	-0.56	-0.14%
18	Beton (K-225)	OT 24	407,898	408,27	0.37	0.09%
19	Beton (K-225)	OT 25	407,898	409,21	1.31	0.32%
20	Beton (K-225)	OT 26	411,06	410,23	-0.83	-0.20%
21	Beton (K-225)	OT 27	411,06	411,26	0.20	0.05%
22	Beton (K-225)	OT 28	411,06	412,19	1.13	0.27%

23	Beton (K-225)	OT 29	414,222	413,13	-1.09	-0.26%
24	Beton (K-225)	OT 30	414,222	414,16	-0.06	-0.01%
25	Beton (K-225)	OT 31	414,222	415,18	0.96	0.01%
TOTAL			12333,878	12346,36	12.48	0.10%

Hasil perbandingan volume pekerjaan antara metode konvensional dan metode BIM menunjukkan adanya deviasi total sebesar 12,48 m³ (0,10%), yang meskipun relatif kecil, namun mengindikasikan tingkat akurasi yang lebih tinggi pada perhitungan berbasis model digital. Perbedaan volume terutama muncul pada outlet OT 16 hingga OT 31, sedangkan outlet OT 7 hingga OT 15 memiliki nilai identik karena geometri elemen yang relatif sederhana dan seragam. Deviasi yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah tingkat akurasi model BIM yang bekerja berdasarkan geometri tiga dimensi aktual sehingga setiap variasi elevasi, kemiringan, hingga perubahan bentuk kecil secara otomatis terhitung dalam volume. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang cenderung menggunakan asumsi penyederhanaan dan pendekatan dimensi rata-rata, sehingga tidak menangkap seluruh kompleksitas geometri elemen.

Perbedaan juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan (surface) hasil survei topografi, terutama pada elemen yang kontak langsung dengan tanah. Perbedaan elevasi dasar saluran atau kemiringan yang lebih detil dalam permukaan 3D dapat menyebabkan Revit menghitung volume beton sedikit lebih besar atau lebih kecil dibandingkan perhitungan manual yang menggunakan elevasi teoritis dan asumsi lebar-tinggi tetap.

Dari sisi efisiensi waktu, BIM memberikan keunggulan signifikan karena proses ekstraksi volume dilakukan secara otomatis dan dapat diperbarui instan ketika terjadi revisi desain. Sebaliknya, metode konvensional memerlukan pengukuran manual per elemen sehingga memakan waktu lebih lama dan rentan terhadap kesalahan pembacaan gambar maupun duplikasi perhitungan.

Metode BIM juga lebih unggul dalam akurasi karena dilengkapi kemampuan deteksi kesalahan seperti *clash detection*, identifikasi elemen ganda, dan pengecekan *open solid*, yang tidak dapat dilakukan pada metode konvensional. Validasi ini meningkatkan reliabilitas volume yang dihasilkan dan meminimalkan risiko deviasi pada pelaksanaan konstruksi. Tabel berikut menunjukkan Hasil perhitungan volume dihubungkan dengan Harga Satuan Pekerjaan

Tabel 4. Perbandingan total pendapatan metode konvensional dan metode BIM (Analisis Penulis, 2026)

No	Item Pekerjaan	Lokasi	Perhitungan Volume (m ³)		Harga Satuan (Rp)	Total Estimasi (Rp)	
			Konvensional	QTO BIM		Konvensional	QTO BIM
1	Beton (K-225)	OT 7	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
2	Beton (K-225)	OT 8	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
3	Beton (K-225)	OT 9	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
4	Beton (K-225)	OT 10	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996

No	Item Pekerjaan	Lokasi	Perhitungan Volume (m ³)		Harga Satuan (Rp)	Total Estimasi (Rp)	
			Konvensional	QTO BIM		Konvensional	QTO BIM
5	Beton (K-225)	OT 11	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
6	Beton (K-225)	OT 12	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
7	Beton (K-225)	OT 13	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
8	Beton (K-225)	OT 14	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
9	Beton (K-225)	OT 15	619,69	619,69	1,126,013	697,778,996	697,778,996
10	Beton (K-225)	OT 16	643,22	646,56	1,126,013	724,274,082	728,034,965
11	Beton (K-225)	OT 17	400,458	400,74	1,126,013	450,920,914	451,238,450
12	Beton (K-225)	OT 18	400,458	401,78	1,126,013	450,920,914	452,409,503
13	Beton (K-225)	OT 19	400,458	403,16	1,126,013	450,920,914	453,963,401
14	Beton (K-225)	OT 20	404,178	404,35	1,126,013	455,109,682	455,303,357
15	Beton (K-225)	OT 21	404,178	405,28	1,126,013	455,109,682	456,350,549
16	Beton (K-225)	OT 22	404,178	406,31	1,126,013	455,109,682	457,510,342
17	Beton (K-225)	OT 23	407,898	407,34	1,126,013	459,298,451	458,670,135
18	Beton (K-225)	OT 24	407,898	408,27	1,126,013	459,298,451	459,717,328
19	Beton (K-225)	OT 25	407,898	409,21	1,126,013	459,298,451	461,924,313
20	Beton (K-225)	OT 26	411,06	410,23	1,126,013	462,858,904	463,084,106
21	Beton (K-225)	OT 27	411,06	411,26	1,126,013	462,858,904	464,131,298
22	Beton (K-225)	OT 28	411,06	412,19	1,126,013	462,858,904	465,189,751
23	Beton (K-225)	OT 29	414,222	413,13	1,126,013	466,419,357	466,349,544
24	Beton (K-225)	OT 30	414,222	414,16	1,126,013	466,419,357	467,498,077
25	Beton (K-225)	OT 31	414,222	415,18	1,126,013	466,419,357	467,498,077
TOTAL			12333,878	12346,36		13,888,106,968	13,908,884,160

Selain itu, hasil perhitungan total Pendapatan berdasarkan tabel menunjukkan adanya perbedaan nilai anggaran antara metode konvensional dan metode BIM, meskipun deviasi volume relatif kecil. Total biaya metode konvensional sebesar Rp 13.888.106.968, sementara metode BIM menghasilkan nilai Rp 13.908.884.160, atau selisih senilai Rp 20.777.192.

Dalam konteks perencanaan biaya, BIM memberikan nilai tambah yang signifikan karena mampu menghasilkan volume yang lebih pasti dan sesuai kondisi geometri aktual di lapangan. Ketepatan ini mengurangi risiko underestimate atau overestimate volume pada tahap perencanaan, yang sering kali menjadi penyebab kerugian

bagi kontraktor akibat kekurangan material atau ketidaksesuaian anggaran. Dengan informasi volume yang lebih akurat, perencanaan anggaran dapat dilakukan secara lebih realistis, sehingga kontraktor dapat meminimalkan potensi deviasi biaya dan meningkatkan efisiensi dalam proses pengadaan material. Berdasarkan tabel diatas maka kontraktor akan memiliki potensi keuntungan Rp 20.777.192 akibat dari perhitungan volume pekerjaan yang lebih akurat.

5 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan hasil Quantity Take Off (QTO) antara metode konvensional dan Building Information Modelling (BIM) pada struktur Saluran Terbuka Outlet Bendungan Cijurey Paket 1. Metode konvensional menghasilkan volume beton sebesar 12.333,878 m³, sedangkan metode BIM menghasilkan 12.346,36 m³, dengan deviasi 0,10%. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh kemampuan BIM dalam menangkap detail geometrik secara lebih lengkap yang disesuaikan dengan variasi elevasi tanah pada setiap bagian dibandingkan pengukuran manual berbasis gambar 2D.

Dari sisi efisiensi, metode BIM terbukti jauh lebih cepat dan responsif karena proses ekstraksi volume dilakukan secara otomatis dan dapat diperbarui secara instan ketika terjadi revisi desain. Sebaliknya, metode konvensional memerlukan interpretasi gambar dan pengukuran manual yang memakan waktu serta memiliki risiko kesalahan lebih tinggi. Selain itu, fitur validasi BIM seperti *clash detection* dan identifikasi elemen ganda meningkatkan reliabilitas hasil perhitungan.

Implikasi terhadap estimasi biaya menunjukkan bahwa meskipun deviasi volume relatif kecil, perbedaan tersebut menghasilkan selisih biaya sebesar Rp 20.777.192 yang berpotensi menguntungkan bagi Kontraktor karena mengurangi risiko underestimate atau overestimate volume pada tahap perencanaan, yang sering kali menjadi penyebab kerugian bagi kontraktor akibat kekurangan material atau ketidaksesuaian anggaran dan pada kasus ini menguntungkan bagi kontraktor karena total pendapatan yang didapat lebih besar dari perhitungan konvensional. Dengan demikian, BIM memberikan hasil QTO yang lebih akurat, efisien, dan konsisten, serta lebih sesuai digunakan sebagai dasar estimasi biaya pada proyek infrastruktur berskala besar seperti bendungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum, "Pentingnya Infrastruktur SDA Untuk Ketahanan Pangan Nasional," Kementian Pekerjaan Umum, 2025.
- [2] International Commission on Large Dams (ICOLD), *Dam Safety Management*. 2010.
- [3] P. Smith, "BIM & the 5D Project Cost Manager," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 119, pp. 475–484, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053.
- [4] S. Azhar, "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadersh. Manag. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 241–252, 2011, doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.

- [5] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz, *BIM Handbook*, 3rd ed. Wiley, 2018.
- [6] A. Monteiro and J. Poças Martins, “A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design,” *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 238–253, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.005>.
- [7] D. Edwards and Z. Irani, “Moving Beyond Optimism Bias and Strategic Misrepresentation: An Explanation for Social Infrastructure Project Cost Overruns,” *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 59, pp. 560–571, Oct. 2012, doi: 10.1109/TEM.2011.2163628.
- [8] B. Succar, “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders,” *Autom. Constr.*, vol. 18, no. 3, pp. 357–375, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.
- [9] D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, “The project benefits of Building Information Modelling (BIM),” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 31, no. 7, pp. 971–980, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>.
- [10] Kementerian PUPR, “Roadmap Implementasi BIM di Indonesia,” 2018.
- [11] W. R. Asih, B. Bayzoni, H. R. Husni, and C. Niken, “Perbandingan Quantity Take Off (QTO) Material Berbasis Building Information Modeling (BIM) Terhadap Metode Konvensional pada Struktur Pelat,” *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 10, no. 4, pp. 563–574, 2022, doi: 10.23960/jrsdd.v10i4.2845.
- [12] S. Alathamneh, W. Collins, and S. Azhar, “BIM-based quantity takeoff: Current state and future opportunities,” *Autom. Constr.*, vol. 165, p. 105549, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105549>.
- [13] A. Wahab and J. Wang, “Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation,” *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 29, no. 2, pp. 702–715, Mar. 2021, doi: 10.1108/ECAM-10-2020-0823.
- [14] M. Valinejadshoubi, O. Moselhi, I. Iordanova, F. Valdivieso, and A. Bagchi, “Automated system for high-accuracy quantity takeoff using BIM,” *Autom. Constr.*, vol. 157, p. 105155, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105155>.
- [15] M. Foroughi Sabzevar, M. Gheisari, and J. Lo, “Analyzing the pros and cons of paper-based 2D drawings in construction: a survey of U.S. construction professionals,” *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 25, no. 4, pp. 428–438, Mar. 2025, doi: 10.1080/15623599.2024.2331863.
- [16] C. Khosakitchalert, N. Yabuki, and T. Fukuda, “The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models,” in *35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018)*, 2018.
- [17] H. Liu, J. C. P. Cheng, V. J. L. Gan, and S. Zhou, “A knowledge model-based BIM framework for automatic code-compliant quantity take-off,” *Autom. Constr.*, vol. 133, p. 104024, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104024>.
- [18] P. Pishdad and I. O. Onungwa, “ANALYSIS OF 5D BIM FOR COST ESTIMATION , COST CONTROL , AND PAYMENTS,” *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 29, no. February 2023, pp. 525–548, 2024, doi:

10.36680/j.itcon.2024.024.

- [19] C. Khosakitchalert, N. Yabuki, and T. Fukuda, "Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements," *Autom. Constr.*, vol. 106, p. 102891, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102891>.
- [20] E. Nugroho, "Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Dan Biaya Pekerjaan Struktur Dengan Metode Permodelan BIM Dan Konvensional (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Apartement Meruya)," 2024, *Universitas Mercubuana*.