

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan infrastruktur sumber daya air merupakan fondasi utama dalam mendukung ketahanan air dan ketahanan pangan nasional (Julistian Lontoh, 2020). Pembangunan bendungan multifungsi menjadi salah satu instrumen strategis pemerintah, mengingat fungsinya yang mencakup penyediaan air irigasi, pemenuhan air baku, sarana pariwisata, potensi pembangkit listrik tenaga air, dan pengendalian banjir (Pandjab et al., 2025).

Salah satu proyek infrastruktur keairan yang saat ini tengah dalam tahap konstruksi adalah Bendungan Karangnongko, yang berlokasi di wilayah Kabupaten Blora (Jawa Tengah) dan Kabupaten Bojonegoro (Jawa Timur). Bendungan ini dirancang dengan kapasitas tampungan efektif sebesar 59,1 juta m³ dan luas genangan 1.026,55 ha, serta diproyeksikan untuk mengairi daerah irigasi seluas 63.774 ha, termasuk jaringan irigasi bersejarah *Solo Valley Werken* yang membentang hingga Surabaya seluas 62.000 ha. Selain fungsi irigasi, bendungan ini juga dirancang untuk menyuplai air baku sebesar 1.150 liter per detik bagi empat kabupaten yaitu Bojonegoro, Blora, Tuban, dan Ngawi. Pembangunan bendungan yang dikerjakan oleh WIKA – HK - PP KSO (Paket I) dan WASKITA – BANGKIT – INFRA, KSO (Paket II) dengan nilai kontrak mencapai Rp 1,267 triliun (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2024). Sebagai proyek berskala masif yang melibatkan nilai kontrak triliunan rupiah, pelaksanaannya menuntut presisi tinggi dalam setiap tahapan, karena akurasi perhitungan volume berpengaruh langsung terhadap estimasi biaya, alokasi sumber daya, hingga pengendalian pelaksanaan proyek (Marbun et al., 2026).

Di dalam lingkup pekerjaan Bendungan Karangnongko, terdapat komponen bangunan air yang memiliki kompleksitas geometri tinggi, yaitu struktur *canal lining intake* kanan. Struktur *intake* berfungsi sebagai bangunan pengambil air yang mengatur debit aliran dari waduk menuju saluran irigasi Karangnongko Kanan. Karakteristik pekerjaan pelapisan saluran (*canal lining*) pada area transisi *intake*

kanan sering kali memiliki geometri melengkung, elevasi yang bervariasi, dan bentuk penampang yang tidak beraturan. Kondisi ini menyebabkan pekerjaan struktur tersebut menjadi sangat sensitif terhadap deviasi perhitungan volume material, mengingat bahwa material utama seperti beton struktural, besi tulangan memiliki satuan volume yang besar. Kesalahan perhitungan volume material pada struktur kompleks semacam ini akan berdampak langsung pada pembengkakan Rencana Anggaran Biaya (RAB), ketidakakuratan rantai pasokan material, serta potensi keterlambatan pekerjaan di lapangan.

Dalam praktik industri konstruksi Indonesia saat ini, proses *quantity take-off* yakni perhitungan volume dan kuantitas material masih banyak dilakukan secara konvensional. Metode konvensional ini mengandalkan interpretasi visual gambar CAD 2D yang kemudian disalin dan dihitung secara manual ke dalam lembar kerja *spreadsheet* seperti Microsoft Excel. Metode ini memiliki sejumlah kelemahan mendasar yang sering kali terjadi di lapangan. Pertama, proses ini sangat rentan terhadap *human error*, misalnya kesalahan pembacaan skala gambar atau kekeliruan dalam memasukkan data dimensi (Handayani et al., 2024). Kedua, proses ini bersifat *time consuming* atau memakan waktu yang sangat panjang. Ketiga, metode konvensional menghadapi kesulitan dalam memvisualisasikan dan menghitung secara akurat potongan melintang dari struktur yang memiliki geometri ireguler seperti *canal lining* pada bangunan intake. Keempat, yang paling kritis jika terjadi perubahan desain elevasi di lapangan, *estimator* diharuskan membongkar ulang seluruh perhitungan dari awal karena tidak ada mekanisme *update* otomatis (Fawji et al., 2022).

Sebagai respons terhadap keterbatasan metode konvensional, teknologi *Building Information Modeling* (BIM) hadir sebagai solusi digitalisasi yang telah mendapat pengakuan luas dalam industri global. BIM memungkinkan pembuatan model 3D parametrik yang tidak hanya mempresentasikan bentuk fisik bangunan, tetapi juga mengintegrasikan atribut informasi seperti material, kuantitas, jadwal, dan biaya ke dalam elemen-elemen modelnya. BIM 5D secara spesifik mengintegrasikan data biaya ke dalam model 3D tersebut, sehingga memungkinkan *real time quantity take-off* dan estimasi biaya dinamis yang akurat. Perangkat lunak *authoring* seperti Autodesk Revit memungkinkan pengguna untuk memodelkan

elemen struktural, arsitektural, maupun MEP secara terintegrasi dalam satu platform. Keunggulan utama QTO berbasis BIM terletak pada kemampuannya mengekstraksi volume secara otomatis (*auto generated*). Ketika geometri elemen struktur diubah misalnya akibat perubahan elevasi desain kuantitas material akan terbaru secara dinamis tanpa perlu dihitung ulang dari nol (Triantono, 2021). Studi komparatif membuktikan bahwa metode estimasi biaya berbasis BIM lebih efisien karena waktu prosesnya lebih singkat dan hasil perhitungannya lebih mendekati kebutuhan aktual proyek dibandingkan metode konvensional (Fitriono et al., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji perbandingan antara metode BIM dengan metode konvensional dalam proses perhitungan volume pekerjaan (*quantity take-off*), penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada berbagai jenis proyek konstruksi, mulai dari bangunan gedung bertingkat, rumah sakit, dan jembatan. Penelitian tersebut umumnya menggunakan perangkat lunak BIM yang berbeda beda, seperti Tekla Structures, Cubicost, maupun Autodesk Revit, untuk dibandingkan dengan hasil perhitungan manual berbasis gambar 2D. Studi terdahulu mengenai perbandingan QTO berbasis BIM dengan metode konvensional yang telah dipublikasikan mayoritas membahas pekerjaan struktur bangunan gedung dan jembatan dan belum secara spesifik menyentuh objek pekerjaan struktur bangunan air berupa *canal lining* dengan geometri kompleks pada proyek bendungan besar di Indonesia. Oleh karena itu analisis komparatif QTO antara metode konvensional dan BIM 5D pada pekerjaan struktur *canal lining intake* kanan Bendungan Karangnongko mutlak diperlukan.

Penelitian ini akan mengukur secara kuantitatif besarnya hasil perbandingan volume material (beton dan tulangan), estimasi biaya, tingkat akurasi dan deviasi yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi akademik berupa data empiris mengenai performa BIM 5D pada proyek infrastruktur air di Indonesia, sekaligus memberikan kontribusi praktis sebagai bahan evaluasi manajemen biaya bagi pada pemangku kepentingan proyek Bendungan Karangnongko dan proyek-proyek infrastruktur keairan serupa di masa mendatang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada penjelasan sebelumnya, di dapatkan perumusan permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan hasil volume pekerjaan struktur *canal lining* kanan blok 1 sampai 12 dan estimasi biaya pekerjaan (*quantity take-off*) menggunakan metode konvensional dengan menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan struktur *canal lining intake* kanan Bendungan Karangnongko Paket II?
2. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi, dan persentase deviasi volume metode konvensional dengan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan struktur *canal lining intake* kanan Bendungan Karangnongko Paket II?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil *quantity take-off* menggunakan metode konvensional dengan metode BIM 5D?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan hasil volume pekerjaan struktur *canal lining* kanan blok 1 sampai 12 dan estimasi biaya pekerjaan (*quantity take-off*) menggunakan metode konvensional dengan menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan struktur *canal lining intake* kanan Bendungan Karangnongko Paket II?
2. Mengetahui perbandingan tingkat akurasi, dan persentase deviasi volume metode konvensional dengan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan struktur *canal lining intake* kanan Bendungan Karangnongko Paket II.
3. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil *quantity take-off* metode konvensional dengan metode BIM 5D.

1.4 Batasan Penelitian

Demi menjaga konsentrasi penelitian serta menghindari meluasnya topik bahasan ke area luar studi, maka diperlukan penetapan batasan ruang lingkup pembahasan. Disesuaikan dengan batas waktu dan kemampuan teknis peneliti, adapun batasan-batasan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Proyek konstruksi yang dijadikan lokasi penelitian adalah Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II yang berlokasi di Kab. Bojonegoro, Jawa Timur dan di Kab. Blora, Jawa Tengah.
2. Penelitian dan pemodelan secara spesifik pada item pekerjaan struktur beton dan besi *canal lining* kanan blok 1 sampai 12 *intake* kanan Bendungan Karangnongko yang masuk ke dalam item pekerjaan Paket II.
3. Data dasar untuk proses pemodelan dan estimasi volume bersumber dari gambar kerja CAD (*Computer Aided Design*). Dokumen tersebut merupakan hasil rancangan tim *drafter* Proyek Pembangunan Bendungan Karangnongko Paket II yang diakses menggunakan *software* AutoCAD berlisensi Autodesk Student.
4. Item pekerjaan yang dimodelkan dan dihitung kuantitasnya (*quantity take-off*) dibatasi pada komponen pekerjaan struktur *canal lining* kanan *intake* kanan Bendungan Karangnongko Paket II, yaitu mencakup volume beton (m^3) dan berat besi (kg) tanpa upah tenaga kerja dan bekisting.
5. Perhitungan metode konvensional dilakukan berdasarkan pembacaan gambar kerja dua dimensi (2D) *Detail Engineering Design* (DED) yang dihitung secara manual menggunakan *software* Microsoft Excel atau *Spreadsheet*.
6. Penelitian ini tidak melakukan pemodelan 4D, sehingga aspek waktu, penjadwalan dan simulasi urutan pelaksanaan pekerjaan tidak dibahas.
7. Perhitungan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dilakukan melalui pemodelan struktural menggunakan *software* Autodesk Revit 2024 berlisensi Autodesk Student.
8. Perbandingan hasil QTO hanya difokuskan pada selisih volume beton atau berat besi, tingkat akurasi dan deviasi serta estimasi biaya antara hasil metode BIM dan metode konvensional.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Penelitian bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan kapasitas teknis dan wawasan analitis peneliti, khususnya dalam penguatan software *Building Information Modeling* (BIM) berbasis 5D pada infrastruktur air kompleks. Keterlibatan secara praktis dalam membandingkan hasil *quantity take-off* (QTO) digital dan konvensional melatih ketajaman evaluasi peneliti terhadap metrik efisiensi waktu serta tingkat akurasi data proyek. Selain itu, pelaksanaan studi ini menjadi wadah simulasi yang ideal untuk mempersiapkan kompetensi profesional peneliti dalam merespons tuntutan digitalisasi rekayasa konstruksi di era Industri 4.0, sehingga memiliki kesiapan dan daya saing yang matang saat terjun ke lingkungan kerja praktis.

1.5.2 Manfaat Penelitian bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan mampu memperkaya khazanah keilmuan dan ketersediaan literatur di perpustakaan institusi, terutama yang mendalami penerapan teknologi BIM pada infrastruktur sumber daya air berskala masif. Mengingat sebagian besar literatur terdahulu masih terpusat pada struktur bangunan gedung, riset ini menawarkan pembaruan referensi terapan yang membuktikan bahwa institusi pendidikan mampu beradaptasi dengan tren industri terkini. Kajian ini dirancang agar dapat diaplikasi atau dijadikan landasan pijak bagi sivitas akademik lainnya yang bermaksud mengeksplorasi penelitian lanjutan, seperti integrasi aspek penjadwalan (4D), analisis keberlanjutan (6D), hingga manajemen pemeliharaan bendungan (7D).

1.5.3 Manfaat Penelitian bagi Masyarakat Secara Umum

Penelitian ini diharapkan membawa implikasi positif terhadap tata kelola pembangunan infrastruktur nasional. Validasi empiris mengenai efisiensi dan kepresisian estimasi volume material melalui teknologi BIM 5D berpotensi menekan risiko pembengkakan biaya, sehingga mengamankan alokasi anggaran proyek pemerintah yang bersumber dari

dana masyarakat. Apabila proses estimasi dan perencanaan Bendungan Karangnongko berjalan secara presisi dan minim kesalahan, maka penyelesaian proyek dapat direalisasikan dengan baik. Diharapkan kondisi tersebut akan mempercepat masyarakat sekitar dalam menikmati fungsi vital bendungan, baik instrumen mitigasi banjir, jaminan ketersediaan air baku, maupun tulang punggung sistem irigasi pertanian daerah.

