

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Bendungan Jragung di Kabupaten Semarang merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yang dirancang untuk menyuplai air baku sebesar 1 m³/detik, mengairi irigasi seluas 4.528 hektar, serta mereduksi banjir hingga 45% (PT Waskita Karya, 2025). Sebagai bendungan tipe urugan, keberadaan material inti (*clay*) menjadi komponen krusial untuk menjamin kedapann tubuh bendungan. Untuk mengoptimalkan efisiensi biaya konstruksi, pengambilan material inti dilakukan pada area galian (*borrow area*) yang terletak di dalam area genangan waduk

Secara teknis, eksploitasi material di dalam genangan menyebabkan perubahan geometri dasar waduk secara signifikan. Terbentuknya cekungan-cekungan baru menyebabkan kapasitas tampungan aktual berbeda dengan volume desain awal. Berdasarkan observasi di lapangan, volume galian yang besar ini berpotensi meningkatkan kapasitas tampungan mati (*dead storage*) secara masif, namun pendataan volume ini seringkali hanya dilakukan untuk keperluan pembayaran progres fisik (kuantitas galian), bukan untuk evaluasi kapasitas tampungan air. Padahal, ketidaktepatan pemetaan topografi pasca-galian pada area tambang/cekungan dapat menyebabkan penyimpangan perhitungan kapasitas volume hingga berdampak pada manajemen risiko operasional waduk (Raeva et al., 2016)

Perubahan volume tampungan yang tidak terukur berimplikasi langsung pada durasi pengisian awal waduk (*impounding*). Jika peningkatan kapasitas ini tidak dianalisis, maka proyeksi waktu mencapai *Full Supply Level* (FSL) atau Muka Air Normal (MAN) akan meleset dari jadwal operasional yang direncanakan. Hal ini berdampak pada ketidakpastian waktu dimulainya layanan irigasi dan air baku bagi masyarakat luas. Perencanaan skenario *impounding* yang presisi sangat krusial untuk menjaga keseimbangan antara keamanan struktur tubuh bendungan dan keandalan suplai air di hilir (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2002)

Beberapa penelitian terdahulu telah banyak membahas mengenai optimalisasi durasi *impounding*, salah satunya penelitian oleh Adilla & Wulandari, 2025 yang berjudul “Awal Pengisian Waduk Pada Waduk Jragung Semarang”. Penelitian tersebut masih menggunakan data geometri desain atau data survei terestrial yang memiliki keterbatasan visualisasi. Masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan secara langsung perubahan geometri akibat eksploitasi material inti ke dalam simulasi hidrodinamika yang dinamis.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada integrasi alur kerja konstruksi digital yang mengintegrasikan data fotogrametri UAV sebagai basis BIM 3D untuk pemodelan geometri galian dengan tingkat detail lebih tinggi. Penggunaan teknologi UAV terbukti efektif memangkas waktu survei topografi serta menghasilkan model elevasi digital (DEM) berakurasi tinggi untuk kalkulasi volume (Aicardi et al., 2018). Pemanfaatan fitur *Stage Storage* pada Autodesk civil 3D diharapkan dapat memberikan akurasi data kapasitas tampungan yang jauh lebih detail dibandingkan perhitungan manual konvensional. Lebih lanjut, penelitian ini melangkah hingga ke dimensi BIM 6D dengan memanfaatkan simulasi HEC-RAS untuk menganalisis durasi *impounding* sebagai parameter keberlanjutan operasional waduk dalam menghadapi kondisi hidrologi aktual. Penerapan kombinasi BIM 3D dan simulasi hidrolika 6D ini sejalan dengan arah kebijakan digitalisasi infrastruktur sumber daya air guna mengoptimalkan evaluasi kinerja bangunan air secara komprehensif (Suryadi et al., 2022)

Penelitian ini didasarkan pada konsep *Building Information Modeling* (BIM) dan prinsip hidrologi. Dengan memanfaatkan perangkat lunak Autodesk civil 3D untuk pemodelan *surface* dan HEC-RAS untuk analisis *unsteady flow*, hubungan antara *stage-storage* (elevasi dan volume) dapat dianalisis secara otomatis berdasarkan input debit ketersediaan.

Melalui latar belakang tersebut, Tugas Akhir ini difokuskan untuk menganalisis pemanfaatan BIM dalam memprediksi potensi peningkatan kapasitas tampungan akibat eksploitasi material inti dan dampaknya terhadap durasi *impounding* Bendungan Jragung. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan evaluasi teknis bagi pengelola proyek dalam menentukan jadwal pengisian waduk yang lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perubahan geometri permukaan dasar waduk akibat aktivitas eksploitasi material inti menimbulkan perbedaan antara kapasitas tampungan desain dengan kapasitas aktual di lapangan. Untuk mengkaji permasalahan tersebut secara terstruktur dan terukur, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa perubahan volume/kapasitas tampungan waduk aktual (MC 100) dibandingkan dengan volume desain awal (MC 0)?
2. Bagaimana pengaruh perubahan kapasitas/volume tampungan waduk terhadap durasi impounding?
3. Bagaimana alur kerja BIM (Fotogrametri dan Civil 3D) dalam memodelkan perubahan geometri area genangan?
4. Bagaimana alur kerja BIM 6D hecras dalam pemodelan *impounding*?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan aspek teknis pada pekerjaan konstruksi bendungan serta untuk menjaga agar pembahasan tetap fokus dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan data / akuisisi data fotogrametri hanya dilakukan pada area genangan yang menjadi lokasi pengambilan material inti di Proyek Bendungan Jragung, tidak pada seluruh area genangan
2. Data topografi aktual diperoleh dari hasil survei fotogrametri menggunakan drone (UAV) yang diolah menjadi DTM (*Digital Terrain Model*).
3. Data sekunder terrain MC 0 didapatkan dari kontraktor PT Waskita Karya proyek pembangunan Bendungan Jragung paket 1 dan 4 yang bersumber dari fotogrametri menggunakan *wingtra* pada tahun 2021.
4. Hasil pengolahan fotogrametri area yang terdampak aktivitas galian material inti kemudian dioverlay ke dalam data terrain MC 0 sebagai pembaruan data.
5. Analisis hidrologi menggunakan data debit sekunder berupa data ketersediaan air metode tank model yang diperoleh dari pihak konsultan atau pihak terkait yang ada di proyek.

6. Pemodelan impounding hanya dilakukan dalam kondisi musim normal atau tidak memperhitungkan kondisi musim basah dan musim kering
7. Perangkat lunak yang digunakan adalah Autodesk civil 3D (perhitungan volume), Qgis (overlay DTM), HEC-RAS (simulasi *impounding*),

1.4 Tujuan Penelitian

Berlandaskan pada rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini dilakukan untuk mencapai beberapa tujuan teknis yang terarah. Adapun tujuan utama dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkalkulasi besarnya perubahan volume dan kapasitas tampungan waduk aktual (*Mutual Check* 100 / MC 100) akibat aktivitas eksploitasi material inti di area genangan dibandingkan dengan volume desain awal (*Mutual Check* 0 / MC 0) menggunakan pendekatan *benchmark* BIM-Prismodial.
2. Menganalisis pengaruh perubahan kapasitas tampungan waduk (MC 0 vs MC 100) terhadap dinamika dan estimasi total durasi waktu pengisian awal waduk (*impounding*).
3. Menganalisis alur kerja (*workflow*) pemodelan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) melalui integrasi fotogrametri UAV dan *AutoCAD Civil 3D* dalam merekonstruksi perubahan geometri permukaan area genangan secara Tiga Dimensi (3D).
4. Menganalisis alur kerja (*workflow*) pemodelan berbasis BIM 6D mengintegrasikan data spasial terrain ke dalam *HEC-RAS (Storage Area)* untuk mengidentifikasi skenario dan proses simulasi pengisian awal waduk (*impounding*).

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian mengenai integrasi pemodelan BIM 3D dan simulasi hidrolika BIM 6D ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata, baik secara praktis dalam skala proyek konstruksi maupun secara akademis. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini terbagi ke dalam beberapa poin berikut:

1. Bagi Penulis: Mengaplikasikan ilmu Teknik Konstruksi Bendungan dan Air (TKBA) serta kemahiran dalam perangkat lunak BIM pada kasus nyata di lapangan.

2. Bagi Proyek (BBWS Pemali Juana): Memberikan data teknis tambahan mengenai kapasitas *real* waduk dan prediksi waktu operasional pengisian air (*Impounding*) sebagai bahan pengambilan kebijakan.
3. Bagi Institusi (Politeknik PU): Menjadi referensi akademik mengenai integrasi metode fotogrametri dan simulasi hidrolika dalam lingkup teknologi BIM untuk bendungan.

