

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pemerintah Indonesia terus berupaya memperkuat ketahanan air dan pangan serta mendukung ketersediaan energi melalui pembangunan bendungan yang dilakukan di berbagai daerah di Indonesia. Infrastruktur ini memiliki peran strategis dalam penyediaan air baku, sistem irigasi bagi sektor pertanian, mitigasi risiko banjir, serta pembangkit listrik tenaga air. Selain manfaat utama tersebut, bendungan juga berkontribusi terhadap upaya konservasi lingkungan dan pengembangan kawasan wisata di daerah setempat. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air di bawah Kementerian Pekerjaan Umum terus melakukan pembangunan bendungan di berbagai daerah guna memastikan ketersediaan air bagi masyarakat serta sektor pertanian serta mereduksi banjir yang mungkin terjadi di daerah tersebut. Pelaksanaan pembangunan dan pengelolaan bendungan di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, yang menjadi acuan teknis utama. Regulasi ini kemudian mengalami perubahan dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 7 Tahun 2023. Peraturan-peraturan ini menjadi dasar hukum yang memastikan pembangunan bendungan berjalan sesuai dengan prinsip keberlanjutan dan kepentingan nasional.

Bendungan merupakan konstruksi buatan yang berfungsi untuk menahan serta mengendalikan aliran air, yang biasanya dimanfaatkan untuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air, penanggulangan banjir, dan penyediaan air baku. Material yang digunakan dalam pembangunan bendungan bervariasi tergantung pada jenis serta tujuan penggunaannya. Sebagian bendungan dibangun menggunakan beton bertulang untuk meningkatkan kekuatan struktur, sementara yang lain dibuat dari tanah dan batuan yang dipadatkan guna menyesuaikan dengan kondisi lingkungan. Struktur bendungan terdiri dari beberapa komponen, antara lain badan bendungan (*main dam*) sebagai penghalang utama aliran air, pondasi yang berfungsi menjaga stabilitas konstruksi, pintu air untuk mengontrol debit air, bangunan pelimpah yang digunakan sebagai jalur pelepasan air, saluran pengelak yang digunakan untuk mengarahkan aliran air selama konstruksi, serta saluran

intake yang berperan dalam pengambilan air untuk berbagai kebutuhan. Selain itu, bendungan juga dilengkapi dengan instrumentasi pemantauan, seperti v-notch dan piezometer, yang berfungsi mengukur serta memantau kondisi struktur bendungan. Berbagai fasilitas pelengkap lainnya turut mendukung keberlanjutan dan keamanan bendungan dalam jangka panjang.

Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket I yang berlokasi di Kab. Bogor, Jawa Barat, yang juga menjadi lokasi dalam penelitian tugas akhir ini, merupakan bendungan tipe urugan. Bendungan tipe urugan yaitu struktur penahan air yang dibangun menggunakan material alami seperti tanah, pasir, kerikil, dan batu. Bendungan ini dirancang untuk menahan air dengan memanfaatkan berat serta kekuatan material yang diurug. Proses pembangunannya dilakukan dengan menumpuk material secara bertahap sesuai perencanaan dan kemudian memadatkannya agar stabil serta tahan terhadap erosi. Umumnya bendungan tipe ini memiliki inti kedap air yang dilapisi oleh material pelindung guna mencegah kebocoran serta penurunan tanah. Keunggulan bendungan tipe urugan terletak pada fleksibilitasnya dalam menyesuaikan berbagai kondisi tanah di lokasi bendungan tersebut dibangun serta kemudahan pemanfaatan material lokal, sehingga menjadi pilihan yang banyak digunakan dalam proyek pengelolaan air, seperti penyimpanan air, mitigasi banjir, dan pembangkit listrik tenaga air.

Bendungan Cijurey ini dirancang untuk mengurangi risiko banjir Q25 yang terjadi di Sungai Citarum dan Sungai Cibeet dengan tingkat efektivitas mencapai 72%. Hal tersebut memberikan perlindungan bagi 34 desa di 15 kecamatan. Bendungan ini merupakan Bendungan Urugan Random Tanah dengan panjang 525 meter dan tinggi 77 meter. Selain itu, luas area genangan mencapai 56,15 hektare dengan kapasitas tampungan total sebesar 17,07 juta meter kubik. Dalam perencanaannya, bendungan ini akan memberikan manfaat bagi berbagai sektor, termasuk irigasi pertanian dengan kapasitas 0,54 m³/detik, kebutuhan industri sebesar 0,6 m³/detik, pasokan air baku domestik 0,71 m³/detik, serta pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PTMH) dengan kapasitas 2 x 0,5 MW.

Proses perencanaan pembangunan suatu bendungan tentunya memerlukan berbagai tenaga ahli dan timnya sesuai disiplin ilmu yang mendukung proses perencanaan dan pembangunan, antara lain tenaga ahli struktur, hidrologi,

hidraulika, arsitektur, geoteknik, geodesi, topografi, lingkungan, dan lain-lain. Sebelum adanya teknologi *Building Information Modeling* (BIM), proses perencanaan masih dilakukan secara konvensional berbasis 2D dan tidak terintegrasi satu sama lain. Data yang dihasilkan pun cenderung memiliki keakuratan yang masih terpengaruh oleh *human error* atau kesalahan manusia. Bendungan Cijurey sendiri menjadi salah satu proyek percontohan dalam penerapan *Building Information Modeling* (BIM), dengan harapan dapat memberikan manfaat positif bagi industri konstruksi yang secara historis sering menghadapi tantangan besar, terutama terkait dengan keakuratan pengambilan data yang juga akan berujung pada aspek biaya. Dengan BIM, proses operasional mengalami transformasi yang memungkinkan kerja sama lebih efektif antara pemangku kepentingan proyek, serta memastikan kinerja proyek berjalan optimal. Penerapan BIM tersebut dapat menghasilkan perencanaan yang detail sampai dengan tahap 5D untuk perhitungan biaya nantinya. Seiring waktu, penggunaan BIM telah berkembang pesat secara global dan semakin umum diterapkan dalam berbagai proyek.

Quantity take-off merupakan salah satu bagian krusial dalam proyek konstruksi karena berperan dalam estimasi biaya, pengadaan material, manajemen inventaris, dan pengendalian anggaran selama pelaksanaan proyek. Namun, penyusunan *quantity take-off* masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti ketidakakuratan dalam perhitungan volume pekerjaan. *Quantity take-off* biasanya dihitung dengan dua pendekatan utama: metode manual atau konvensional dan pemanfaatan *Building Information Modeling* (BIM). Metode manual melibatkan pengukuran dan pencatatan seluruh elemen struktur dengan mempertimbangkan skala. Metode perhitungan manual memiliki sejumlah kelemahan, seperti durasi proses yang lebih panjang dan tingkat akurasi yang kurang optimal, terutama saat diterapkan pada desain bangunan yang berskala besar dan memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Pendekatan konvensional atau manual dalam *quantity take-off* kerap menyebabkan berbagai kekeliruan, seperti tumpang tindih dalam perhitungan volume atau terlewatnya beberapa item pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang dapat mengatasi kekurangan dalam metode perhitungan konvensional guna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proyek konstruksi.

Building Information Modeling (BIM) adalah proses digitalisasi data yang diwujudkan dalam model 3D, dengan informasi yang dikelola melalui *Common Data Environment* (CDE). Penggunaan BIM 5D dalam *quantity take-off* memberikan banyak manfaat, terutama dalam meningkatkan efisiensi waktu, karena volume material dapat secara otomatis dihasilkan dari model. Selain itu, BIM 5D menggabungkan BIM 3D dengan data biaya, sehingga memudahkan pemangku kepentingan dalam memantau perubahan desain dan perencanaan. *Autodesk Revit* adalah salah satu perangkat lunak berbasis BIM yang banyak digunakan. *Software* ini berfungsi dalam industri konstruksi untuk merancang berbagai aspek, termasuk pekerjaan arsitektur, struktur, serta sistem mekanikal dan elektrik. *Autodesk Revit* mampu menghasilkan *quantity take-off* dengan akurasi tinggi dan memiliki sejumlah keunggulan, termasuk efisiensi waktu. *Software* ini dapat menghitung volume dengan lebih cepat dibandingkan metode konvensional, terutama saat terjadi perubahan desain.

Analisis *quantity take-off* pada elemen struktur membutuhkan waktu yang lama serta tenaga kerja yang besar. Sehingga pemanfaatan teknologi menjadi solusi yang efektif dan efisien, salah satunya dengan menggunakan *software Autodesk Revit*. Berdasarkan hal tersebut, akan dilakukan analisis *quantity take-off* beton dan tulangan pada elemen struktur *concrete pad main dam* dengan metode BIM menggunakan *Autodesk Revit* dalam Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1. Tujuan dari analisis ini adalah untuk membandingkan volume beton dan tulangan yang diperoleh melalui metode BIM dan metode konvensional, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan metode *quantity take-off*. Khususnya dalam perhitungan volume beton dan tulangan pada elemen struktur, penggunaan teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi perhitungan serta meminimalkan risiko kesalahan akibat *human error*. Dengan demikian, proses ini dapat membantu menghemat waktu, biaya, dan sumber daya manusia baik dalam tahap perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi.

Pekerjaan struktural *concrete pad* juga merupakan item pekerjaan yang sangat krusial. Dalam praktik pelaksanaan proyek, estimasi biaya sering kali berbeda dari *actual cost* atau biaya realisasi, sehingga tidak selalu sesuai dengan perencanaan awal. Perbedaan ini perlu dianalisis untuk mengevaluasi

penyimpangan biaya yang terjadi. Estimasi biaya dapat dilakukan dengan metode konvensional maupun pendekatan lain, seperti analisis menggunakan *Building Information Modelling* (BIM). Metode konvensional dalam estimasi biaya memiliki beberapa kelemahan, terutama karena rentan terhadap kesalahan manusia serta kurangnya akurasi dalam hasil perhitungan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya asumsi dalam detail perhitungan serta kemungkinan kesalahan dalam sejumlah formula yang kompleks. Oleh karena itu, metode yang lebih modern, seperti BIM, dapat memberikan alternatif yang lebih akurat dan sistematis dalam perhitungan biaya proyek. Konsep BIM mencakup perkembangan model dari 3D hingga 7D. Model 3D berfokus pada pemodelan parametrik objek, sedangkan 4D terkait dengan proses penjadwalan, model 5D digunakan untuk estimasi biaya dan volume pekerjaan, sementara 6D mempertimbangkan dampak lingkungan, analisis energi, serta deteksi konflik. Adapun model 7D berfungsi dalam manajemen fasilitas dengan pendekatan yang lebih ekonomis.

BIM 5D memberikan kemampuan untuk melakukan estimasi secara cepat pada berbagai aspek yang kompleks, sekaligus memungkinkan revisi estimasi dan pengembangan desain tanpa batasan jumlah. Pemanfaatan aplikasi BIM 5D secara optimal dapat mengurangi kebutuhan volume material serta meningkatkan ketepatan estimasi biaya dalam proyek konstruksi. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, penulis berencana menerapkan konsep BIM dalam estimasi biaya dengan pemodelan 5D pada pekerjaan struktural *concrete pad* menggunakan software *Revit*. Tujuan utamanya adalah mendapatkan estimasi biaya yang optimal, sekaligus meminimalkan terjadinya tumpang tindih dalam perencanaan konstruksi. Dengan demikian, proses perencanaan dapat lebih tepat dan efisien dalam mengoptimalkan estimasi biaya yang dihasilkan oleh *software Revit 2022*. Penulis bertujuan untuk melakukan estimasi biaya pada pekerjaan struktural *concrete pad main dam* dengan menerapkan konsep BIM 5D serta membandingkan hasil estimasi tersebut dengan estimasi biaya yang dikeluarkan proyek melalui metode konvensional. Pemanfaatan konsep BIM memungkinkan percepatan proses perencanaan secara lebih efektif dan efisien. Dengan demikian, dapat diketahui adanya perbedaan volume dan biaya, sehingga dapat dianalisis perbandingan

estimasi biaya pelaksanaan berbasis BIM 5D dan konvensional pada pekerjaan struktural *concrete pad main dam*.

BIM didukung oleh berbagai *software* seperti *Autodesk Revit* dan *Autodesk Navisworks*. *Autodesk Revit* berfungsi sebagai alat untuk membuat gambar proyek, mengelola serta mengendalikan proyek, dan melakukan perhitungan volume serta estimasi biaya. Sementara itu, *Autodesk Navisworks* adalah *software* berbasis BIM yang dikembangkan oleh Autodesk. Perangkat ini dirancang khusus untuk membantu para profesional konstruksi dalam mengintegrasikan, mengelola, dan memvisualisasikan data proyek dengan lebih efisien. Estimasi biaya konstruksi dan penjadwalan proyek merupakan aspek krusial dalam perencanaan konstruksi. Guna mencapai efisiensi dalam perencanaan, diperlukan alternatif solusi untuk memastikan akurasi tersebut agar suatu proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana biaya dan waktu yang dijadwalkan. Selain itu, *clash detection* juga dapat dilakukan pada *software Autodesk Navisworks*. Hal tersebut tentunya sangat membantu dalam mengidentifikasi konflik antar elemen desain sebelum konstruksi dimulai.

Pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1, proses perhitungan *quantity take-off* masih dilakukan secara konvensional dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan *AutoCAD*. Keterbatasan waktu dalam proses perhitungan tersebut mendorong perlunya alternatif metode, seperti pemanfaatan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) berbasis pemodelan 3D melalui perangkat lunak *Autodesk Revit*. Namun, pemanfaatan metode BIM dalam proses *quantity take-off* di proyek Bendungan Cijurey Paket 1 masih belum dioptimalkan secara menyeluruh. Tidak hanya penerapan BIM pada perhitungan *quantity take-off* saja, penerapan BIM pada proses penjadwalan konstruksi dan pengecekan adanya *clash detection* pada model perencanaan juga belum diterapkan secara optimal.

Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan estimasi biaya proyek dengan pendekatan BIM, menggunakan *Autodesk Revit* untuk perencanaan struktur *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1. Metode ini diharapkan dapat mengurangi pemborosan material serta meningkatkan nilai proyek. Hasil estimasi biaya yang diperoleh melalui *Autodesk Revit* akan dibandingkan dengan estimasi biaya yang

diperoleh dengan metode konvensional. Selain itu, akan dilakukan simulasi penjadwalan menggunakan *Autodesk Navisworks* yang akan mengolaborasikan hasil penjadwalan dengan pemodelan 3D yang dihasilkan *Autodesk Revit*, sehingga dapat memvisualisasikan proses pembangunan secara dinamis. Serta melakukan *clash detection* pada hasil pemodelan *concrete pad* dengan mengimplementasikan salah satu *software* BIM yang tentunya akan sangat bermanfaat bagi proses perencanaan konstruksi.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan volume dan estimasi biaya yang didapatkan menggunakan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dengan volume dan estimasi biaya yang didapatkan menggunakan metode konvensional pada pekerjaan struktural *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1?
2. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi perbedaan hasil *quantity take-off* metode BIM dengan metode konvensional?
3. Bagaimana hasil simulasi penjadwalan pekerjaan struktur *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1 menggunakan metode BIM dengan *software Navisworks*?
4. Apa manfaat adanya *Building Information Modelling* (BIM) pada *clash detection*?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan volume dan estimasi biaya yang didapatkan menggunakan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dengan volume dan estimasi biaya yang didapatkan menggunakan metode konvensional pada pekerjaan struktural *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1.
2. Mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi perbedaan hasil *quantity take-off* metode BIM dengan metode konvensional.

3. Memperoleh hasil simulasi penjadwalan pekerjaan struktur *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1 menggunakan metode BIM dengan *software Navisworks*.
4. Mengetahui manfaat adanya *Building Information Modelling* (BIM) pada *clash detection*.

1.4 BATASAN MASALAH

Mengingat keterbatasan waktu dan kapasitas penulis, diperlukan batasan dalam penelitian ini guna menjaga fokus bahasan serta untuk menghindari kompleksitas tambahan yang dapat muncul akibat adanya elemen di luar lingkup penelitian. Adapun batasan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Proyek konstruksi yang dijadikan lokasi penelitian adalah Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1 yang berlokasi di Kab. Bogor, Jawa Barat.
2. Item pekerjaan yang menjadi variabel penelitian ini adalah pekerjaan struktur *concrete pad* Bendungan Cijurey yang masuk dalam item pekerjaan Paket I yaitu STA. -0+25 – STA. 2+25.
3. Gambar kerja CAD (*Computer Aided Design*) yang akan menjadi acuan pemodelan dan perhitungan volume didapatkan dari hasil desain *drafter* Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1 menggunakan *Software AutoCAD*.
4. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan bantuan data dari perencana proyek, meliputi hasil *quantity take-off* metode konvensional, harga satuan pekerjaan *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1, dan *Dokumen Engineering Detail* (DED).
5. Pemodelan dan *quantity take-off* dibatasi pada pekerjaan struktur beton dan besi *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1, tanpa upah tenaga kerja dan bekisting.
6. Tidak memperhitungkan analisa struktur dan pekerjaan arsitektur serta mekanikal, elektrikal, dan plumbing.
7. Tidak membandingkan efisiensi waktu dan biaya pekerjaan antara implementasi metode konvensional dan metode BIM.

8. Anggaran biaya dan harga satuan diambil dari perencana sesuai dengan data yang ada pada rencana anggaran biaya Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket 1.
9. Perhitungan estimasi biaya dilakukan menggunakan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dan hanya dibatasi pada pekerjaan struktural beton dan besi, tanpa upah tenaga kerja dan bekisting.
10. Perhitungan volume struktural menggunakan *software Revit 2022*.
11. Kajian tidak dilakukan terhadap bagian pekerjaan atau material yang terbuang selama pelaksanaan pekerjaan.
12. Simulasi penjadwalan hanya dilakukan pada pelaksanaan pekerjaan struktur *concrete pad* Bendungan Cijurey Paket 1.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

- a. Memungkinkan perencanaan yang lebih optimal serta pemanfaatan sumber daya secara lebih efektif.
- b. Memberikan wawasan dan pengetahuan baru mengenai pentingnya penerapan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam pekerjaan struktural guna memperoleh hasil yang lebih efisien dan akurat.
- c. Dapat menjadi bekal keterampilan untuk memasuki dunia kerja yang terus berkembang dan semakin maju.
- d. Menyediakan informasi atau rekomendasi terkait alternatif yang dapat meningkatkan efisiensi biaya dalam pelaksanaan proyek.
- e. Menyajikan informasi mengenai perbedaan volume dan estimasi biaya dalam proyek berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Building Information Modelling* (BIM) dengan metode konvensional.
- f. Memberikan informasi terkait pemanfaatan metode BIM terhadap pembuatan simulasi penjadwalan suatu pekerjaan dengan lebih terstruktur dan terintegrasi.
- g. Dapat menjadi bahan penelitian yang dapat dikembangkan lebih lanjut.
- h. Secara keseluruhan, penelitian ini mengungkap bagaimana integrasi *Building Information Modelling* (BIM) dapat meningkatkan kualitas,

akurasi, dan efisiensi dalam proyek konstruksi, serta memberikan manfaat mulai dari tahap perencanaan awal hingga pelaksanaan proyek.

