

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan merupakan infrastruktur vital yang menghubungkan dua wilayah yang terpisah oleh hambatan alami atau buatan, seperti sungai, lembah, selat, jalan raya, atau jalur kereta api. Konstruksi jembatan terdiri dari bangunan atas (*superstructure*), bangunan bawah (*substructure*), dan pondasi. Struktur atas berperan dalam menahan beban lalu lintas, sedangkan struktur bawah menyalurkan beban tersebut ke pondasi hingga tanah dasar (Kemen PUPR RI, 2015). Berdasarkan Dirjen Cipta Karya (2022), bangunan atas jembatan terdiri dari berbagai komponen yaitu, gelagar utama (rangka, balok, masif, *box*, *girder*), gelagar memanjang, ikatan angin, sandaran, lantai jembatan dan *expansion joint*. Sedangkan bangunan bawah terdiri dari pilar (*pier*) dan kepala jembatan (*abutment*).

Dalam perencanaan jembatan, salah satu aspek penting selain merencanakan struktur yang kokoh adalah estimasi volume material, proses ini dikenal sebagai *Quantity Take Off* (QTO), yaitu proses perhitungan volume atau jumlah material yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek konstruksi (Amri dkk., 2023). Pekerjaan QTO dituntut untuk detail, akurat, dan konsisten (Saputra dkk., 2024). Sehingga dapat menghindari pemborosan atau kekurangan material.

Di Indonesia, metode QTO masih banyak menggunakan pendekatan konvensional dengan bantuan perangkat lunak (*software*) seperti AutoCAD dan Microsoft Excel, berpedoman pada *Standard Method of Measurement* (SMM).

SMM memberikan aturan tentang cara mengambil volume, menuliskan uraian, serta menyusun pekerjaan bangunan. (Sunartyas, 2015; Laorent dkk., 2019). Namun, metode konvensional ini memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan efektivitas, sehingga rentan terhadap *human error* serta ketergantungan pada asumsi dalam perhitungan volume, yang pada akhirnya dapat memengaruhi ketepatan di lapangan (Dhou & Susanto, 2023). Selain itu, metode ini memerlukan waktu yang cukup lama, terutama ketika ada revisi pada desain.

Salah satu proyek jembatan yang dalam tahap perencanaan masih menggunakan metode konvensional untuk *Quantity Take-Off* (QTO) material adalah Jembatan Alue Reuling, sebuah proyek jembatan nasional yang berlokasi di Provinsi Aceh pada tahun 2024. Jembatan ini dirancang dengan tipe jembatan beton prategang PC-I *girder* (*Prestressed Concrete I-Girder*). Struktur atas jembatan terdiri dari komponen *I-girder*, pelat lantai, sandaran, dan *expansion joint*. Sementara itu, struktur bawah meliputi *abutment* dengan sayap *abutment* (*wing wall*), serta pondasi berupa pondasi sumuran. Komponen pelengkap jembatan mencakup *railing*, loneng, trotoar, kerb beton, dan sistem *drainase*. Dengan beragamnya komponen yang menyusun struktur jembatan dan bentuk geometri struktur yang spesifik, keakuratan dalam perhitungan volume material pada setiap elemen menjadi sangat krusial untuk menjamin efisiensi pelaksanaan konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan presisi dalam proses estimasi volume material pada proyek ini.

Pada era digital, pemodelan struktur berkembang dengan teknologi *Building Information Modelling* (BIM). BIM memungkinkan pembuatan model digital dengan akurasi tinggi, yang dapat digunakan untuk menganalisis desain

dan mengontrol proyek secara lebih efektif dibandingkan metode konvensional (Sacks dkk., 2018). BIM dapat menyimpan berbagai informasi, seperti geometri, sifat material, biaya, dan karakteristik lainnya, yang dapat diperbarui secara otomatis saat terjadi perubahan pada desain (Sampaio, 2017). Dalam konteks QTO, penerapan BIM 5D memungkinkan perhitungan volume material pekerjaan secara otomatis dengan lebih akurat, efektif dan efisien dibandingkan metode konvensional. Dibuktikan dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kusumaningroem & Gondokusumo (2023), pada perencanaan segmen *box girder* proyek konstruksi jalan tol layang JORR, perbedaan hasil QTO sebesar 0,0007% pada pekerjaan beton dan 0,6742% pada tulangan yang menunjukkan QTO berbasis BIM lebih kecil dari hasil perhitungan dengan metode konvensional. Dengan selisih nilai yang kecil dari kedua metode membuktikan bahwa perhitungan dengan BIM akurat (Jonathan & Anondho, 2021).

Namun, implementasi BIM di Indonesia masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan keterampilan tenaga kerja dalam mengoptimalkan teknologi serta biaya investasi yang tinggi dibandingkan dengan permintaan klien yang cenderung mencari harga rendah (Telaga, 2018). Meskipun demikian, penerapan BIM telah mendapatkan dukungan regulasi, seperti Permen 12/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara dan Surat Edaran No. 11/SE/Db/2021 tentang Penerapan BIM pada proyek jalan dan jembatan di Direktorat Jenderal Bina Marga.

Banyak penelitian telah membahas implementasi BIM dalam proyek konstruksi seperti pada gedung dan jembatan. Namun studi yang secara spesifik membandingkan hasil QTO antara metode konvensional dan BIM pada struktur

atas jembatan beton prategang di Indonesia masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan selisih nilai QTO pekerjaan beton dan tulangan antara metode BIM dengan metode konvensional dalam perencanaan struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder*. Bagian struktur atas jembatan tipe ini memiliki berbagai bentuk geometri yang spesifik seperti pada komponen I-*girder*, pelat lantai dan sandaran jembatan. Selain itu adanya komponen I-*girder* jembatan yang harus di fabrikasi memerlukan kolaborasi dengan fabrikator untuk mendetailkan perakitan maupun sambungan elemen. Maka, diperlukan dokumentasi hasil QTO material secara lengkap dan detail.

Melalui pendekatan BIM struktur atas jembatan melalui gambar 2D akan dihasilkan model 3D yang akan otomatis mengeluarkan hasil QTO pekerjaan beton dan tulangan. Proses perancangan dengan BIM akan menggunakan *software* Revit dengan *plug-in* Sofistik untuk mempermudah dalam proses pemodelan tulangan jembatan. Selain itu, *plug-in* Sofistik efektif dalam menghasilkan dokumentasi QTO yang detail dan lengkap. Hasil QTO dari Revit akan dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan *software* Microsoft Excel dengan acuan gambar 2D. Tulangan secara khusus akan dihitung menggunakan Microsoft Excel *Bar Bending Schedule* (BBS) yang telah diprogram dengan VBA. Maka akan diperoleh selisih nilai volume pekerjaan beton dan tulangan pada struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder*.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Kenyataan dilapangan yang masih banyak menggunakan metode konvensional dalam *Quantity Take Off* (QTO) material salah satunya pada proyek pembangunan Jembatan Alue Reuling, Provinsi Aceh.
2. Kurang optimalnya penerapan teknologi terkini seperti metode *Building Information Modelling* (BIM) yang menawarkan kemudahan dalam proses perencanaan pembangunan suatu proyek seperti jembatan.
3. Kurangnya keakuratan, keefektifan dan keefisienan pekerjaan perencanaan struktur jembatan jika hanya menggunakan metode konvensional seperti pada QTO material.
4. Struktur atas jembatan prategang PC-I *girder* lebih kompleks sehingga QTO material yang akurat diperlukan untuk mencegah pemborosan maupun kekurangan material.

1.3. Batasan Masalah

1. QTO dilakukan untuk pekerjaan beton dan tulangan pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder*, yaitu I-*girder*, pelat lantai dan sandaran jembatan.
2. Pemodelan BIM pada penelitian ini menggunakan dimensi 2D sebagai acuan gambar untuk model digital, serta mencakup dimensi 3D dan 5D, dengan tingkat kedalaman informasi model dibatasi pada LOD 400.

3. Menggunakan salah satu *software* yang mendukung BIM, yaitu *software* Revit dengan *plug-in* Sofistik.
4. Menggunakan *software* Microsoft Excel untuk metode konvensional dan khusus tulangan menggunakan Microsoft Excel BBS.
5. Tidak membahas analisa biaya konstruksi dan waktu.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana memodelkan struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder* serta *Quantity Take Off* (QTO) pekerjaan beton dan tulangan dengan metode *Building Information Modelling* (BIM)?
2. Bagaimana menggunakan metode konvensional dalam QTO pekerjaan beton dan tulangan pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder*?
3. Berapa selisih hasil QTO pekerjaan beton dan tulangan metode BIM dengan metode konvensional pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder*?

1.5. Tujuan Penelitian

1. Memahami proses pemodelan struktur dan *Quantity Take Off* (QTO) pekerjaan beton dan tulangan pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder* dengan metode *Building Information Modelling* (BIM).
2. Memahami proses QTO pekerjaan beton dan tulangan pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder* dengan metode konvensional.

3. Memperoleh selisih hasil QTO pekerjaan beton dan tulangan pada komponen struktur atas jembatan beton prategang PC-I *girder* metode BIM dengan metode konvensional.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian terhadap Dunia Usaha dan Dunia Industri (DUDI) sebagai berikut.

1. Meningkatkan efisiensi perencanaan dan estimasi material melalui penerapan teknologi BIM. Dengan BIM, proses *Quantity Take Off* menjadi lebih cepat, akurat, dan minim kesalahan dibanding metode konvensional. Hal ini dapat mengurangi pemborosan material dan menekan biaya konstruksi.
2. Hasil penelitian mendorong transformasi digital di industri konstruksi dan dapat digunakan sebagai referensi pelatihan SDM, sehingga meningkatkan daya saing perusahaan dalam menghadapi tantangan proyek yang semakin kompleks.