

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur transportasi memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan konektivitas antarwilayah. Salah satu elemen yang sangat penting dalam sistem transportasi adalah jembatan, yang berfungsi menghubungkan dua tempat yang terpisah oleh hambatan seperti sungai, lembah, atau jalur transportasi yang lain (Walujodjati dan Sauri Al Qurthubi, 2023). Dalam perencanaannya, terdapat berbagai jenis struktur yang dapat dipilih sesuai dengan bentang yang dibutuhkan, kondisi lokasi, serta pertimbangan teknis dan ekonomis. Beberapa jenis struktur jembatan yang umum digunakan adalah jembatan rangka baja (*steel truss*) dan jembatan gelagar (*girder*). Masing-masing tipe struktur memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan yang berbeda dalam menahan beban serta mendistribusikan gaya yang bekerja pada struktur jembatan.

Menurut Chen dan Duan (2014), *truss girder* merupakan tipe struktur jembatan yang terdiri dari elemen batang baja yang dihubungkan membentuk rangka segitiga untuk memaksimalkan gaya tarik dan tekan. Karena rasio kekuatan terhadap beratnya yang baik, struktur ini banyak digunakan pada jembatan dengan bentang menengah hingga panjang. Sedangkan, *box girder* merupakan tipe struktur yang memiliki penampang tertutup berbentuk kotak yang memberikan kekakuan torsional tinggi dan stabilitas yang lebih baik terhadap beban lateral maupun eksentris. Karakteristik penampang tertutup pada *box girder* memungkinkan distribusi tegangan yang lebih merata serta mengurangi risiko deformasi akibat puntiran. Struktur ini banyak digunakan pada jembatan modern karena memiliki performa yang baik terhadap kombinasi beban lentur dan torsi serta memberikan tampilan yang lebih estetik. Sistem struktur yang berbeda antara *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener* menghasilkan variasi dalam perilaku struktur saat menerima berbagai jenis beban, seperti beban mati, beban lalu lintas, dan beban lingkungan lainnya. Variasi ini dapat memengaruhi respons struktural yang terjadi pada jembatan,

seperti defleksi, tegangan, dan distribusi gaya dalam elemen struktur. Maka dari itu, analisis mengenai respons struktural dari setiap tipe jembatan menjadi penting untuk memahami bagaimana kinerja struktur tersebut dalam menahan beban yang bekerja (Hambly, 1991).

Dalam perkembangannya, *box girder* tidak hanya menggunakan material beton, tetapi juga baja (*steel box girder*) yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan, efisiensi material, serta kemudahan dalam proses fabrikasi dan erection di lapangan. Penggunaan baja memungkinkan dimensi penampang yang lebih ramping dengan kapasitas yang tetap memenuhi kebutuhan desain. Kinerja struktur dapat ditingkatkan melalui penambahan *stiffener* yang berfungsi memperkuat pelat terhadap *local buckling* serta meningkatkan kekakuan elemen struktur. Penambahan *stiffener* juga berpengaruh terhadap distribusi tegangan pada pelat, terutama pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan akibat kombinasi beban lentur dan torsi. Penerapan *stiffener* pada *steel box girder* dalam praktik perencanaan masih relatif terbatas dan belum banyak dikaji secara mendalam, khususnya dalam perbandingan langsung dengan sistem *truss girder* pada kondisi pemodelan yang setara. Perbedaan sistem struktur antara *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener*, termasuk *steel box girder* dengan tambahan *stiffener*, menghasilkan variasi perilaku struktur dalam menerima beban mati, beban lalu lintas, dan beban lingkungan. Variasi tersebut memengaruhi respons struktural jembatan berupa lendutan, tegangan, distribusi gaya dalam, serta potensi terjadinya deformasi lokal pada elemen pelat (Jitendra et al., 2025).

Seiring dengan kemajuan teknologi dalam bidang rekayasa struktur, analisis jembatan kini bisa dilakukan tidak hanya secara manual, tetapi juga melalui pemodelan numerik dengan menggunakan *software* analisis struktur. Salah satu *software* yang populer untuk analisis dan desain jembatan adalah *CSI Bridge*, yang dibuat khusus untuk memodelkan, menganalisis, dan menilai kinerja struktur jembatan dengan lebih mendetail dan efisien. Dengan pemodelan numerik, berbagai parameter respons struktural seperti defleksi, gaya internal, dan tegangan pada elemen struktur dapat dianalisis dengan lebih presisi (Parmar dan Pahwa, 2025).

Penelitian ini dilakukan pada Jembatan Tawuna yang berlokasi di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara. Jembatan ini memiliki panjang bentang 30 meter dengan sistem struktur *steel truss girder* sebagai kondisi eksisting. Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan ulang terhadap struktur jembatan tersebut dengan mengganti sistem *steel truss girder* yang ada menjadi *steel box girder*, guna mengkaji perbedaan perilaku struktur yang terjadi akibat perubahan sistem *girder* tersebut. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan pemodelan numerik dengan bantuan perangkat lunak *CSI Bridge*, sedangkan pembebanan pada jembatan mengacu pada SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui perbandingan kinerja struktural antara *steel truss girder* dan *steel box girder* pada bentang 30 meter sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan sistem struktur jembatan yang lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka ditemukan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan respons struktur antara jembatan *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener* berdasarkan hasil analisis pada *CSI Bridge*?
2. Manakah faktor yang menjadi keunggulan dan kelemahan masing-masing tipe jembatan *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui dan membandingkan respons struktur jembatan *steel truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener* berdasarkan hasil pemodelan numerik menggunakan *software CSI Bridge*, serta menentukan tipe jembatan yang memiliki kinerja struktur lebih baik.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi keunggulan dan kelemahan jembatan *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener* dalam kondisi pembebanan statis berdasarkan hasil analisis menggunakan *CSI Bridge*.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan referensi dalam bidang teknik sipil, khususnya mengenai analisis dan perbandingan respons struktural jembatan tipe *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener* melalui pemodelan numerik menggunakan *software CSI Bridge*, serta menjadi bahan pertimbangan bagi perencana atau praktisi teknik sipil dalam memilih tipe struktur jembatan yang lebih efektif dan efisien berdasarkan kinerja respons strukturnya.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi atau bahan rujukan bagi mahasiswa maupun peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian terkait analisis struktur jembatan menggunakan metode pemodelan numerik.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini membahas analisis struktur jembatan dengan dua tipe struktur utama, yaitu *steel truss girder*, *steel box girder* dan *steel box girder* dengan *stiffener*.
2. Analisis dilakukan dengan menggunakan pemodelan numerik melalui *software CSI Bridge*.
3. Parameter yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi respons struktural seperti lendutan (*deflection*), gaya dalam, dan tegangan pada struktur jembatan.
4. Pembebanan pada jembatan mengacu pada standar pembebanan jembatan yang berlaku, seperti beban mati, beban lajur “TD”, beban truk “TT”, beban rem, beban pejalan kaki “TP”, beban angin, beban gempa dan kombinasi pembebanan.
5. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis perilaku struktural jembatan, tanpa membahas aspek perencanaan detail konstruksi, metode pelaksanaan, maupun analisis biaya.

6. Jembatan yang ditinjau merupakan Jembatan Tawuna yang berada di Kabupaten Kepulauan Sangihe di Provinsi Sulawesi Utara.
7. Model jembatan yang dianalisis menggunakan jembatan dengan bentang 30 meter.
8. Jenis *girder* pada perencanaan *steel box girder* hanya menggunakan jenis *girder single cell*

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif dengan pendekatan pemodelan numerik. Penelitian dilakukan dengan memodelkan dua tipe struktur jembatan, yaitu *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener*, menggunakan *software CSI Bridge* untuk menganalisis respons strukturalnya. Tahapan penelitian diawali dengan melakukan studi literatur untuk memperoleh referensi. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam pemodelan. Data tersebut kemudian digunakan untuk membuat model struktur jembatan pada *software CSI Bridge*. Setelah model selesai dibuat, dilakukan analisis struktur untuk memperoleh respons struktural pada masing-masing tipe jembatan. Hasil analisis dari kedua model tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan respons struktural antara jembatan *truss girder*, *box girder* dan *box girder* dengan *stiffener*. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, selanjutnya ditarik kesimpulan mengenai kinerja struktural dari masing-masing tipe jembatan.