

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur jembatan pelengkung dikenal memiliki keunggulan dalam mendistribusikan beban melalui elemen lengkung yang bekerja dominan dalam gaya tekan. Karakteristik ini memungkinkan pencapaian bentang panjang dengan efisiensi material, serta tampilan visual yang estetik. Namun, stabilitas jembatan pelengkung sangat dipengaruhi oleh sistem sambungan antar elemen, terutama ketika digunakan dalam bentuk prototipe skala kompetisi yang memiliki keterbatasan dimensi, bahan, dan metode konstruksi.

Pada Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke-XIX tahun 2024, penulis merancang dan membangun sebuah jembatan pelengkung dengan sistem sambungan pelat buhul dan pelat U sebagai penghubung antar elemen struktur. Meskipun desain telah dianalisis menggunakan perangkat lunak SAP2000 dan memenuhi kriteria lendutan yang disyaratkan dalam tahap perencanaan, jembatan yang dibangun mengalami kegagalan struktural saat pengujian beban, yaitu lendutan aktual yang melebihi batas izin dan ketidakmampuan mencapai beban maksimum. Kegagalan tersebut mendorong penulis untuk mengkaji lebih dalam aspek krusial yang menjadi titik lemah struktur, yaitu kinerja sambungan.

Sambungan berperan sangat vital karena menjadi pusat transfer gaya antar elemen batang. Ketidaktepatan dalam desain sambungan—baik dari segi bentuk geometri, ketebalan pelat, kekakuan sambungan, atau distribusi gaya internal—dapat menyebabkan konsentrasi tegangan lokal dan lendutan berlebih yang tidak tergambarkan dalam model SAP2000 yang bersifat ideal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analisis yang lebih mendalam dan menyeluruh, khususnya terhadap respon

tegangan dan regangan di daerah sambungan menggunakan basis metode elemen hingga.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kinerja sambungan terhadap stabilitas struktur jembatan pelengkung melalui pendekatan numerik. Gaya batang utama dianalisis menggunakan SAP2000 untuk mengetahui distribusi beban global, kemudian dilanjutkan dengan simulasi detail sambungan pada perangkat lunak ANSYS untuk mengkaji perilaku tegangan lokal dan potensi konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan lendutan berlebih. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, diharapkan dapat diperoleh pemahaman ilmiah yang lebih utuh mengenai penyebab kegagalan jembatan prototipe pada saat pengujian, serta memberikan rekomendasi teknis terhadap desain sambungan yang lebih efektif dan stabil untuk penggunaan dalam skala kompetisi maupun pengembangan riset selanjutnya.

Beberapa penelitian terdahulu telah menekankan pentingnya sambungan dalam struktur jembatan. Studi oleh H. Sidiq Pramono (2021) dalam penelitiannya mengenai analisis sambungan baut pada jembatan rangka baja menunjukkan bahwa kualitas sambungan memiliki pengaruh langsung terhadap deformasi dan kekuatan struktur, yang dibuktikan melalui analisis numerik berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*). Sementara itu, Riyan Pradana (2020) menemukan bahwa kekuatan sambungan dalam jembatan pelengkung baja, seperti pada Jembatan Tayan, dapat menentukan perlunya modifikasi desain untuk menghindari kegagalan struktural. Selain itu, penelitian Ahmad Perwira Mulia (2021) pada sambungan pelat buhul di jembatan gantung menunjukkan bahwa distribusi tegangan di area sambungan sangat menentukan kapasitas tarik struktur.

Studi-studi tersebut secara konsisten menunjukkan bahwa sambungan merupakan faktor dominan dalam menentukan stabilitas struktur, baik dari sisi kekuatan, deformasi, maupun performa jangka panjang. Selain itu, pendekatan berbasis simulasi numerik menggunakan *software* seperti SAP2000 dan ANSYS terbukti efektif dalam mengevaluasi kinerja sambungan terhadap berbagai kondisi pembebanan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan fokus melakukan analisis dan perbandingan kinerja dua desain sambungan, yaitu sambungan pelat buhul dengan *turnbuckle* dan sambungan pelat U dengan *swage stud*, pada struktur Jembatan Gatotkaca yang digunakan dalam Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke-XIX tahun 2024. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sambungan yang paling optimal dalam mendukung stabilitas struktur jembatan pelengkung, sehingga dapat menjadi acuan untuk pengembangan desain sambungan yang lebih efektif pada jembatan skala kompetisi maupun pada penerapan nyata di lapangan.

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun permasalahan yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terjadinya lendutan berlebih pada struktur jembatan pelengkung saat diberikan beban, meskipun secara analisis mampu memenuhi lendutan izin.
2. Ketidaksesuaian antara hasil analisis global dan respons aktual struktur, khususnya pada bagian sambungan, yang mengindikasikan adanya potensi kelemahan pada desain sambungan yang digunakan.
3. Belum adanya analisis menyeluruh terhadap tegangan dan konsentrasinya pada daerah sambungan untuk memahami perilaku lokal sambungan terhadap gaya internal.
4. Perlu dikaji mengenai desain sambungan alternatif untuk mengatasi lendutan berlebihan pada struktur jembatan pelengkung berskala.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada sambungan berdasarkan hasil analisis ?
2. Bagaimana pengaruh distribusi gaya aksial akibat beban vertikal terhadap konsentrasi tegangan dan regangan pada elemen sambungan struktur jembatan pelengkung?
3. Apa yang menjadi penyebab lendutan berlebih pada struktur jembatan pelengkung berskala berdasarkan hasil analisis ?
4. Bagaimana perbandingan hasil analisa numerikal antara desain sambungan eksisting dengan desain sambungan alternatif dalam upaya mengurangi deformasi dan menjaga stabilitas struktur ?

1.4 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji secara ilmiah penyebab terjadinya lendutan berlebih pada model jembatan pelengkung yang diuji dalam Kompetisi Jembatan Indonesia ke-XIX tahun 2024, serta mengevaluasi peran desain sambungan terhadap kestabilan struktur secara keseluruhan. Kajian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi desain sambungan yang lebih optimal agar performa struktur dapat meningkat dan kegagalan serupa tidak terulang di masa mendatang.

Adapun tujuan dari studi ini antara lain adalah :

1. Menganalisis distribusi tegangan dan potensi konsentrasi tegangan pada daerah sambungan menggunakan software ANSYS, khususnya pada sambungan pelat buhul dan pelat U.
2. Mengevaluasi pengaruh desain sambungan terhadap distribusi tegangan dan regangan struktur jembatan pelengkung berdasarkan hasil simulasi numerik.

3. Membandingkan hasil analisa numerik desain sambungan eksisting dengan desain alternatif sambungan untuk menentukan konfigurasi sambungan yang paling efektif dalam mengurangi konsentrasi tegangan dan lendutan berlebih.
4. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh gaya aksial dan geometri sambungan terhadap lendutan pada struktur jembatan berskala.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada model jembatan pelengkung yang digunakan penulis dalam Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke-XIX tahun 2024 yakni Jembatan Gatotkaca dari Tim Vijendra Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Jembatan menggunakan tumpuan sendi dan rol sesuai dengan Pedoman Kompetisi Jembatan Indonesia ke-XIX tahun 2024.
3. Pengujian jembatan menggunakan beban statis vertikal secara bertahap setiap 10 kilogram hingga beban maksimum sebesar 250 kilogram yang diletakan di tengah bentang jembatan. lendutan jembatan dibaca setiap interval beban 20 kilogram.
4. Penelitian ini hanya berfokus pada analisa sambungan jembatan pelengkung berskala.
5. Desain sambungan yang dianalisa adalah desain sambungan pelat buhul dengan *turnbuckle* sebagai pengencang kabel dan desain sambungan pelat U dengan *swage stud* sebagai pengencang kabel.
6. Komponen sambungan terdiri atas pelat penyambung, pengencang, dan batang yang disambung.
7. Komponen struktur utama jembatan menggunakan material baja *Hot Roll Coil* dengan profil *hollow*.

8. Parameter stabilitas struktur yang akan dianalisis adalah distribusi tegangan, regangan, dan lendutan.
9. Faktor lingkungan (angin dan gempa) tidak diperhitungkan dalam analisis.
10. Rencana Anggaran Biaya (RAB) tidak diperhitungkan.
11. Analisis struktur dalam penelitian ini menggunakan *software* *CSI SAP2000* untuk analisa komponen struktur jembatan secara 2D dan *ANSYS* untuk analisa komponen sambungan secara 3D.
12. Metode analisis yang digunakan adalah FEM (*Finite Element Method*).
13. Skema pembebanan jembatan mengacu pada pedoman Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke-XIX tahun 2024.
14. Analisis tidak mencakup uji lab atau pengujian diluar ketentuan pedoman Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI) ke-XIX tahun 2024.
15. Analisis hanya berfokus pada jembatan model yang digunakan dalam kompetisi dan tidak memperhitungkan jembatan dengan skala sebenarnya.

1.6 Manfaat Penulisan/Penyusunan

Adapun manfaat dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi sarana studi mengenai pengaruh sambungan terhadap stabilitas struktur jembatan pelengkung.
2. Mengembangkan pendekatan analisis sambungan struktur jembatan pelengkung yang dapat dijadikan evaluasi teknis berbasis simulasi numerik.
3. Memberikan pemahaman mengenai perilaku sambungan struktur jembatan pelengkung yang dapat menambah kajian literatur di bidang rekayasa struktur.
4. Menjadi studi awal yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi penelitian lanjutan pada skala struktur yang lebih kompleks.