

Perencanaan Struktur Baja Jembatan Bentang 40 m dengan Menggunakan Aplikasi SAP2000

**Ganang Muzaqi¹, Dizzy Putrafakhmi², Rizky Tuah Harianja³,
Edison Hatoguan Manurung⁴**

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mpu Tantular, Indonesia

Email: ganangmujaki@gmail.com¹, dizypf123@gmail.com², trizkyharianja96@gmail.com³,
edisonmanurung2010@yahoo.com⁴

Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 05, 2026

Accepted July 11, 2026

Keywords:

Bridge, LRFD, SAP2000, Steel structure, Structural Analysis.

ABSTRACT

Bridges are one of the most important transportation infrastructures, playing a vital role in supporting community mobility and the distribution of goods. In the construction of medium-span bridges, steel structures are commonly selected due to their high strength, relatively light weight, and ease of fabrication and erection. The design of steel bridge structures requires accurate structural analysis to ensure safety, strength, stability, and efficiency under various loading combinations. This paper discusses the structural design of a 40-meter span steel bridge using SAP2000 as a structural analysis tool. The design process includes the collection of technical data, selection of the structural system, determination of design loads in accordance with applicable standards, structural modeling in SAP2000, internal force analysis, and the design of primary and secondary structural members. The analysis results show that the use of SAP2000 is able to provide effective structural behavior simulation so that it can be used as a basis for determining safe and economical steel profile dimensions.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 05, 2026

Accepted July 11, 2026

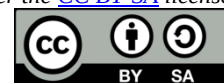
Kata Kunci:

Jembatan, LRFD, SAP2000
Struktur Baja, Analisis
Struktur.

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Pada pembangunan jembatan bentang menengah, struktur baja sering dipilih karena memiliki kekuatan tinggi, berat yang relatif ringan, serta kemudahan dalam proses fabrikasi dan konstruksi. Perencanaan struktur jembatan baja memerlukan analisis yang akurat untuk menjamin keamanan, kekuatan, stabilitas, dan efisiensi struktur terhadap berbagai kombinasi pembebanan. Makalah ini membahas perencanaan struktur baja jembatan dengan bentang 40 meter menggunakan perangkat lunak SAP2000 sebagai alat bantu analisis struktur. Tahapan perencanaan meliputi pengumpulan data teknis, penentuan sistem struktur, pembebanan berdasarkan standar yang berlaku, pemodelan struktur pada SAP2000, analisis gaya dalam, serta desain elemen struktur utama dan sekunder. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan SAP2000 mampu memberikan simulasi perilaku struktur secara efektif sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi profil baja yang aman dan ekonomis.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Ganang Muzaqi
Universitas Mpu Tantular
Email: ganangmujaki@gmail.com

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang memiliki peranan penting dalam menunjang mobilitas masyarakat, distribusi logistik, serta pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan jaringan jalan, diperlukan struktur jembatan yang memiliki kapasitas tinggi, umur layan panjang, serta mampu memberikan efisiensi dalam proses konstruksi. Salah satu jenis struktur yang banyak digunakan untuk jembatan bentang menengah adalah struktur baja karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*) yang tinggi, kemudahan fabrikasi, serta waktu pelaksanaan yang relatif singkat dibandingkan struktur beton bertulang (McCormac & Csernak, 2015). Sifat baja yang ulet (*ductile*) juga memberikan tanda awal sebelum terjadinya keruntuhan sehingga memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi pada struktur jembatan (Salmon, Johnson, & Malhas, 2009).

Pada bentang sekitar 40 meter, struktur baja menjadi pilihan yang ekonomis karena mampu menghasilkan dimensi elemen yang lebih ramping dengan kapasitas yang besar. Namun demikian, struktur baja harus direncanakan secara cermat agar mampu memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, stabilitas, serta keamanan terhadap berbagai kombinasi pembebanan yang bekerja selama umur layan jembatan (Segui, 2018). Perencanaan elemen baja juga harus memperhatikan efisiensi penggunaan material agar diperoleh desain yang aman sekaligus ekonomis (Chandra & Gupta, 2018).

Selain aspek kekuatan, perencanaan struktur baja harus mempertimbangkan potensi kegagalan akibat ketidakstabilan elemen. Fenomena tekuk lokal (*local buckling*), tekuk global (*global buckling*), maupun tekuk lateral torsi (*lateral torsional buckling*) dapat menyebabkan kegagalan struktur meskipun kapasitas material belum tercapai (Trahair, Bradford, Nethercot, & Gardner, 2018). Oleh karena itu, kriteria stabilitas menjadi pertimbangan utama dalam menentukan dimensi profil baja yang digunakan pada struktur jembatan (Galambos, 1998).

Perencanaan jembatan baja pada saat ini umumnya dilakukan menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) yang mempertimbangkan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan sehingga menghasilkan tingkat keandalan yang lebih realistis (AISC, 2022). Untuk struktur jembatan, ketentuan desain juga mengacu pada spesifikasi jembatan yang berlaku secara internasional (AASHTO, 2020). Di Indonesia, pembebanan jembatan direncanakan berdasarkan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Sementara itu, desain elemen baja struktural mengacu pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Ketentuan teknis tersebut selaras dengan pedoman perencanaan jembatan jalan yang diterbitkan oleh instansi terkait (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi, proses analisis dan desain jembatan baja telah banyak memanfaatkan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan oleh praktisi maupun akademisi adalah SAP2000 karena mampu melakukan pemodelan tiga dimensi, menghitung gaya-gaya dalam, deformasi, serta reaksi perletakan secara cepat dan akurat (CSI America, 2023). Kemampuan analisis struktur secara menyeluruh tersebut sangat membantu perencana dalam mengevaluasi perilaku struktur terhadap berbagai kombinasi pembebanan (Chen & Lui, 2005).

Berdasarkan uraian tersebut, dalam penelitian ini dilakukan perencanaan struktur baja untuk jembatan dengan bentang 40 meter menggunakan SAP2000. Analisis dilakukan terhadap beban mati, beban hidup kendaraan, beban angin, serta kombinasi pembebanan sesuai ketentuan peraturan yang berlaku. Selanjutnya, hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi profil baja yang aman, efisien, dan memenuhi persyaratan desain. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai proses desain struktur baja jembatan secara

sistematis mulai dari penentuan data awal, pemodelan, analisis, hingga evaluasi hasil perencanaan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dalam bentuk analisis dan perencanaan struktur, yang bertujuan menghasilkan desain struktur jembatan baja yang aman, kuat, stabil, dan ekonomis. Objek penelitian adalah jembatan baja bentang 40 meter dengan lebar 9 meter yang menggunakan sistem struktur rangka baja tipe *Warren Truss*, dengan gelagar memanjang dan gelagar melintang berupa profil *Wide Flange* (WF) serta lantai kendaraan berupa pelat beton bertulang. Material utama yang digunakan adalah baja struktural BJ-50 dengan tegangan leleh $F_y = 345$ MPa, sedangkan sambungan direncanakan menggunakan baut mutu tinggi dan las. Instrumen utama yang digunakan sebagai alat analisis adalah perangkat lunak SAP2000 yang bekerja berbasis metode elemen hingga tiga dimensi, dengan ketentuan pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016 dan ketentuan desain baja mengacu pada SNI 1729:2020 sebagai acuan pengukuran kelayakan elemen struktur.

Prosedur penelitian dilaksanakan secara sistematis dan kronologis. Tahap pertama adalah studi literatur dan pengumpulan data teknis perencanaan yang meliputi dimensi jembatan, mutu material, jenis profil baja, dan data pembebanan. Selanjutnya ditentukan sistem struktur, kemudian dihitung seluruh beban yang bekerja meliputi beban mati, beban hidup kendaraan, dan beban angin, yang disusun menjadi kombinasi pembebanan menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Struktur kemudian dimodelkan dalam SAP2000 dengan memasukkan geometri, sifat material, kondisi perletakan, profil awal, serta seluruh kombinasi beban, lalu dijalankan proses analisis (*run analysis*) dan desain baja (*steel design*). Tahap akhir adalah evaluasi hasil, yaitu pemeriksaan nilai *Unity Ratio*, kontrol lendutan, dan faktor keamanan; sebuah elemen dinyatakan memenuhi syarat apabila *Unity Ratio* kurang dari atau sama dengan 1,00 dan lendutan maksimum berada di bawah batas yang diizinkan, sehingga penarikan kesimpulan kelayakan struktur dilakukan berdasarkan keluaran numerik SAP2000 sesuai kriteria SNI 1729:2020.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Data perencanaan merupakan parameter awal yang digunakan dalam proses analisis dan desain struktur. Data tersebut disusun berdasarkan asumsi perencanaan serta spesifikasi material yang digunakan pada jembatan. Data geometri jembatan yang menjadi dasar pemodelan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Geometrik Jembatan

No.	Uraian	Nilai
1	Bentang Jembatan	40 m
2	Lebar Jembatan	9 m
3	Lebar Trotoar	1 m (masing-masing sisi)
4	Tinggi Rangka	6 m
5	Tipe Struktur	Rangka Baja <i>Warren Truss</i>
6	Gelagar Memanjang	Profil <i>Wide Flange</i> (WF)
7	Gelagar Melintang	Profil <i>Wide Flange</i> (WF)
8	Lantai Jembatan	Pelat Beton Bertulang
9	Sistem Sambungan	Baut Mutu Tinggi dan Las

No.	Uraian	Nilai
10	Material Baja	Baja Struktural $F_y = 250$ MPa; $F_u = 410$ MPa
11	Mutu Beton Lantai	$f_c' = 30$ MPa
12	Standar Pembebanan	SNI 1725:2016
13	Standar Desain Baja	SNI 1729:2020 (Metode LRFD)
14	Perangkat Lunak Analisis	SAP2000

Tabel 1 memperlihatkan bahwa jembatan direncanakan memiliki bentang total 40 meter dengan lebar 9 meter dan dilengkapi trotoar selebar 1 meter pada masing-masing sisi, sehingga mampu melayani lalu lintas kendaraan sekaligus pejalan kaki. Sistem struktur yang dipilih adalah rangka baja tipe *Warren Truss* dengan tinggi rangka 6 meter, yang dinilai efisien untuk bentang menengah karena dominan bekerja sebagai gaya tarik dan gaya tekan sehingga meminimalkan momen lentur pada batang. Gelagar memanjang dan gelagar melintang menggunakan profil *Wide Flange* (WF), sedangkan lantai kendaraan berupa pelat beton bertulang yang bekerja secara komposit dengan gelagar. Seluruh parameter geometrik ini menjadi masukan utama dalam pembentukan model tiga dimensi pada *SAP2000*, dengan pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016 dan desain baja mengacu pada SNI 1729:2020 melalui metode LRFD.

Tabel 2. Spesifikasi Material Baja BJ-50

No.	Parameter	Nilai
1	Jenis Baja	BJ-50
2	Mutu Baja	Baja Struktural BJ-50
3	Tegangan Leleh (F_y)	345 MPa
4	Tegangan Tarik (F_u)	450 MPa
5	Modulus Elastisitas (E)	200.000 MPa
6	Modulus Geser (G)	77.000 MPa
7	Rasio <i>Poisson</i> (ν)	0,30
8	Berat Jenis Baja	78,5 kN/m ³ (≈ 7.850 kg/m ³)
9	Koefisien Muai Termal	12×10^{-6} /°C

Tabel 2 menyajikan spesifikasi material baja struktural BJ-50 yang digunakan sebagai material utama seluruh elemen struktur. Baja ini memiliki tegangan leleh (F_y) sebesar 345 MPa dan tegangan tarik (F_u) sebesar 450 MPa, yang menjadi parameter penentu kapasitas leleh dan kapasitas batas penampang dalam proses desain. Nilai modulus elastisitas (E) sebesar 200.000 MPa dan modulus geser (G) sebesar 77.000 MPa digunakan untuk menghitung kekakuan aksial, lentur, dan geser elemen, sedangkan rasio *Poisson* sebesar 0,30 mendefinisikan hubungan regangan lateral terhadap regangan aksial material. Berat jenis baja sebesar 78,5 kN/m³ diperlukan untuk memperhitungkan beban mati akibat berat sendiri struktur, sementara koefisien muai termal sebesar 12×10^{-6} /°C digunakan apabila pengaruh perubahan temperatur ditinjau. Seluruh parameter mekanik ini dimasukkan pada menu *define material* di *SAP2000* agar perilaku struktur yang disimulasikan sesuai dengan karakteristik material sesungguhnya.

Tabel 3. Jenis Pembebanan yang Diperhitungkan

No.	Jenis Beban	Keterangan
1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	Berat sendiri struktur baja, pelat beton, lapisan aspal, trotoar, dan <i>railing</i>
2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	Beban kendaraan sesuai standar pembebanan jembatan SNI 1725:2016
3	Beban Angin (<i>Wind Load</i>)	Beban lateral yang bekerja pada elemen struktur sesuai ketentuan peraturan

Tabel 3 merangkum jenis beban yang diperhitungkan dalam perencanaan, yang mengacu pada ketentuan pembebanan jembatan yang berlaku di Indonesia. Beban mati (*dead load*) mencakup berat sendiri seluruh elemen struktur baja, pelat beton lantai, lapisan aspal, trotoar, dan *railing*, sehingga menjadi beban permanen yang bekerja sepanjang umur layanan jembatan. Beban hidup (*live load*) merepresentasikan beban kendaraan yang melintas di atas jembatan dan ditetapkan sesuai standar pembebanan jembatan agar kondisi lalu lintas paling menentukan dapat ditinjau. Beban angin (*wind load*) diperhitungkan sebagai beban lateral yang bekerja pada bidang struktur, yang menjadi penting mengingat jembatan rangka memiliki luas bidang tangkap angin yang relatif besar. Ketiga jenis beban tersebut menjadi dasar penyusunan kombinasi pembebanan yang akan dianalisis pada tahap berikutnya.

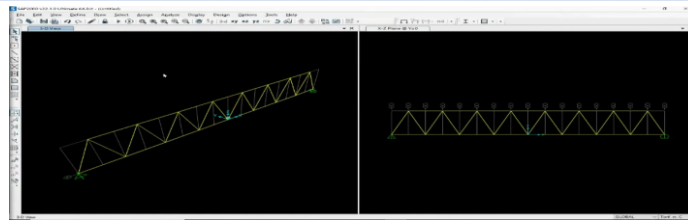
Tabel 4. Kombinasi Pembebanan Metode LRFD

No.	Kombinasi Pembebanan Metode LRFD
1	1,25 DL + 1,75 LL
2	1,20 DL + 1,60 LL
3	Kombinasi pembebanan lainnya sesuai standar perencanaan yang digunakan (mencakup pengaruh beban angin)

Tabel 4 menampilkan kombinasi pembebanan yang disusun menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Pada metode ini, beban kerja dikalikan dengan faktor beban tertentu untuk memperoleh beban terfaktor, sehingga struktur direncanakan terhadap kondisi pembebanan yang paling kritis. Kombinasi 1,25 DL + 1,75 LL memberikan penekanan pada dominasi beban hidup kendaraan, sedangkan kombinasi 1,20 DL + 1,60 LL merupakan alternatif kombinasi dengan faktor beban yang berbeda; keduanya digunakan untuk memastikan seluruh elemen tetap aman pada berbagai skenario pembebanan. Kombinasi tambahan yang melibatkan beban angin turut ditinjau agar pengaruh gaya lateral terhadap kestabilan rangka dapat dievaluasi. Seluruh kombinasi ini dimasukkan ke dalam model SAP2000 sehingga perangkat lunak secara otomatis mengevaluasi gaya dalam maksimum pada tiap elemen untuk setiap kombinasi yang ditetapkan.

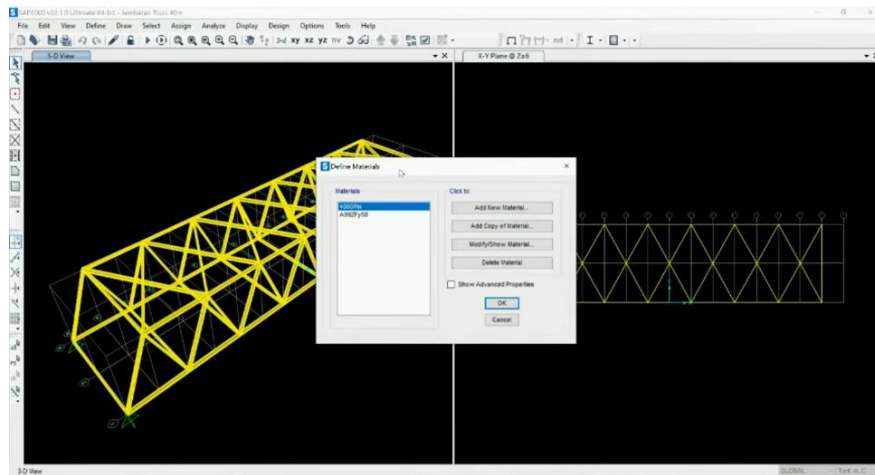
Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk memperoleh respons struktur terhadap seluruh pembebanan yang bekerja. Model dibuat dalam bentuk tiga dimensi sehingga perilaku struktur dapat dianalisis secara menyeluruh. Tahapan pemodelan diawali dengan pembuatan sistem grid sesuai dimensi jembatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, yang berfungsi sebagai kerangka acuan penempatan seluruh titik dan elemen struktur.

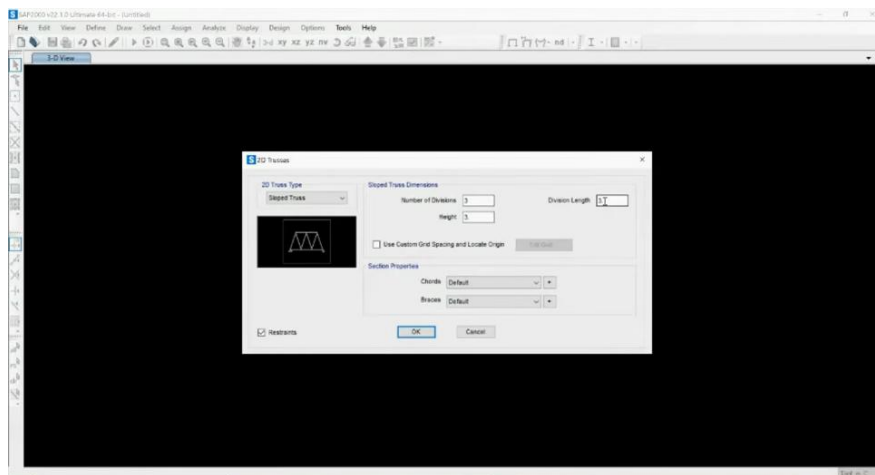


Gambar 1. Membuat Grid pada SAP2000

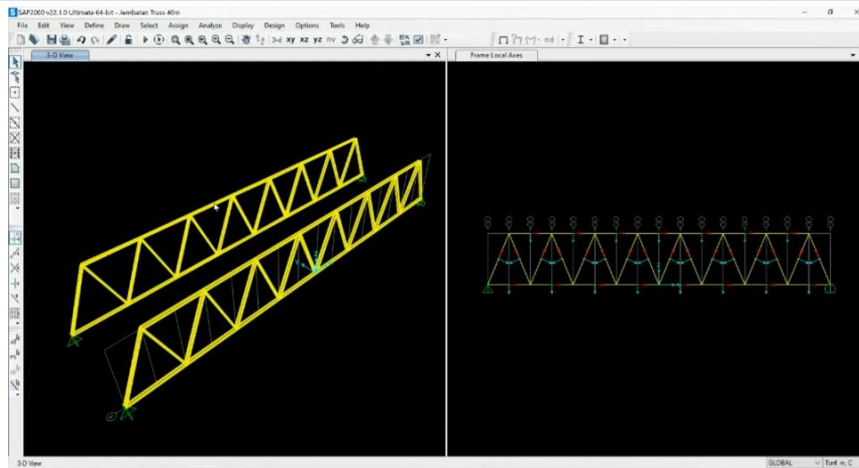
Setelah grid terbentuk, material baja BJ-50 dan beton didefinisikan pada menu *define material* seperti pada Gambar 2, dilanjutkan dengan memasukkan profil baja *Wide Flange* (WF) yang digunakan sebagai gelagar dan elemen rangka pada Gambar 3. Geometri jembatan kemudian dibentuk berdasarkan dimensi perencanaan (Gambar 4), dan kondisi perletakan ditentukan melalui pengaturan *joint restraint* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



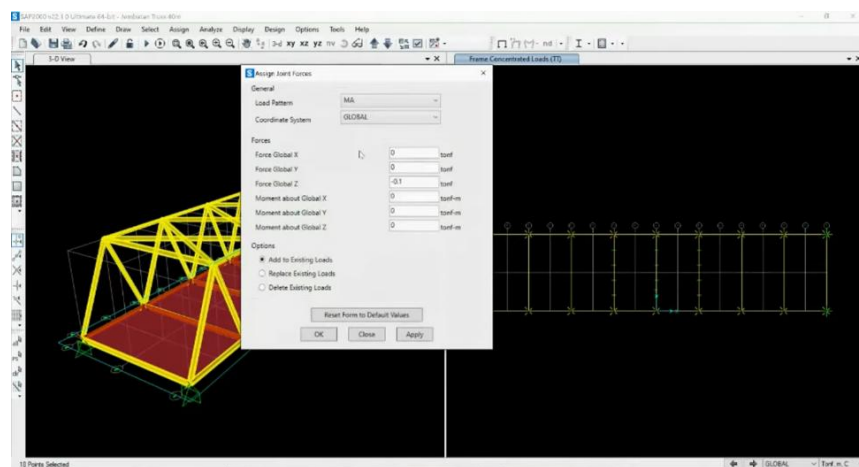
Gambar 2. Mendefinisikan Material (*Define Material*)



Gambar 3. Input Profil yang Dipakai

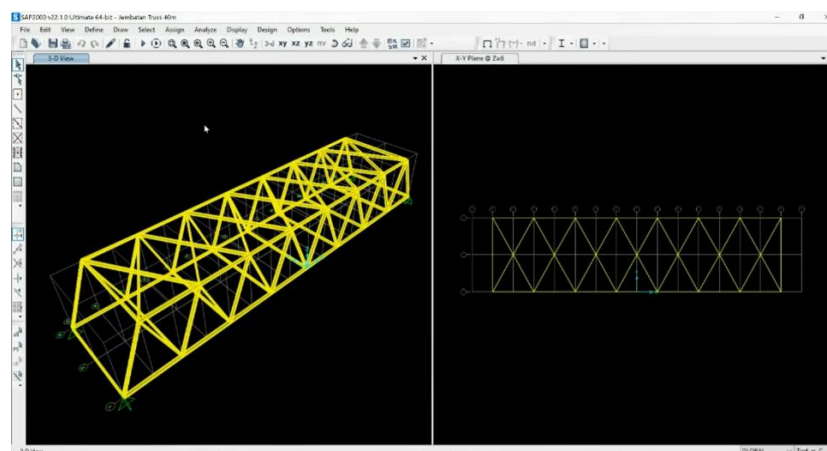


Gambar 4. Geometri Jembatan yang Digunakan

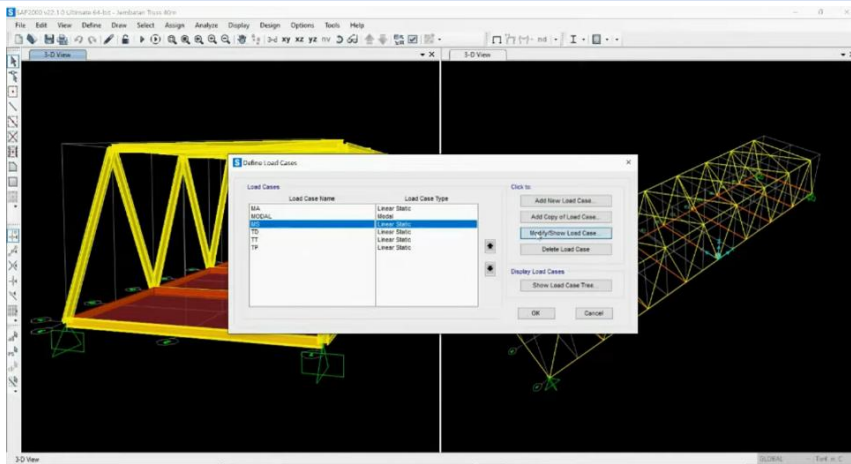


Gambar 5. Mengatur Kondisi Perletakan (*Joint Restraint*)

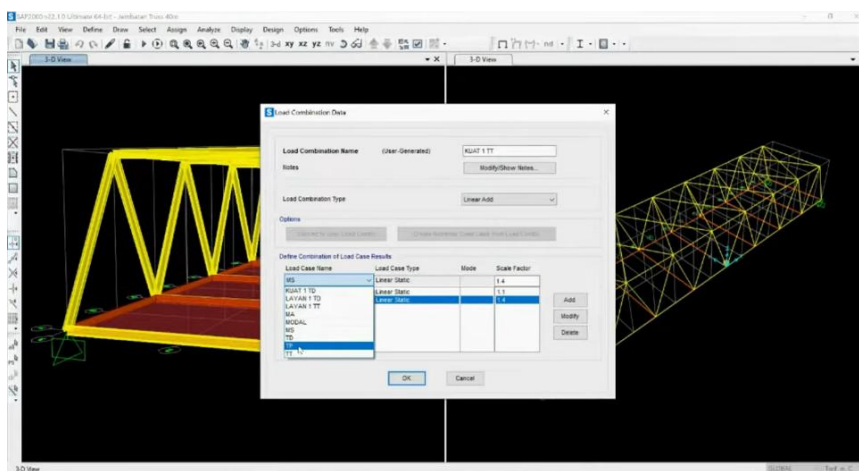
Seluruh elemen *frame* selanjutnya dihubungkan sehingga membentuk sistem struktur rangka *Warren Truss* (Gambar 6). Setelah geometri dan elemen struktur lengkap, seluruh jenis pembebanan dimasukkan ke dalam model (Gambar 7) dan disusun menjadi kombinasi pembebanan dengan metode LRFD seperti pada Gambar 8. Model yang telah lengkap kemudian dianalisis melalui perintah *run analysis* (Gambar 9), dan diakhiri dengan proses desain baja melalui *steel design* untuk memperoleh kapasitas setiap elemen sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10.



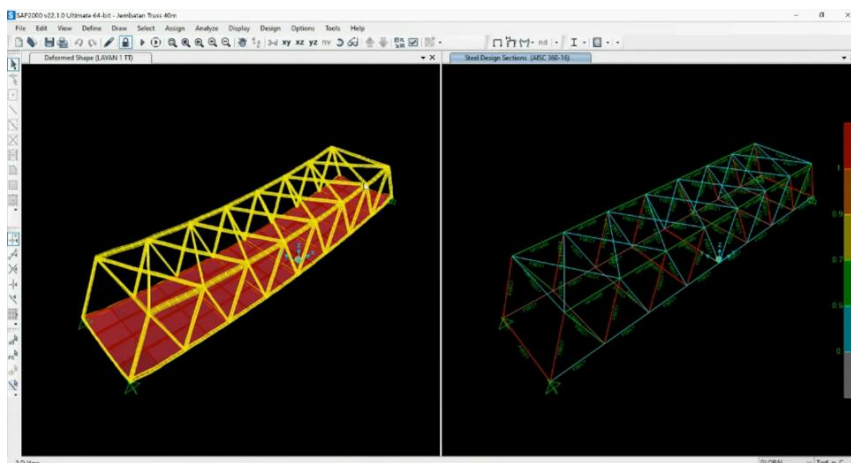
Gambar 6. Menghubungkan Seluruh Elemen *Frame*



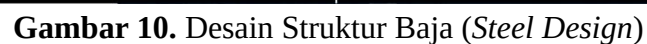
Gambar 7. Input Seluruh Jenis Pembebanan



Gambar 8. Kombinasi Pembebanan



Gambar 9. Menjalankan Analisis (Run Analysis)



Berdasarkan hasil analisis, seluruh elemen struktur baik gelagar memanjang, gelagar melintang, maupun rangka utama *Warren Truss* menunjukkan nilai *Unity Ratio* kurang dari atau sama dengan 1,00 sehingga dinyatakan aman terhadap kombinasi pembebanan yang direncanakan. Lendutan maksimum struktur masih berada di bawah batas lendutan yang diizinkan, sehingga struktur tidak hanya memenuhi persyaratan kekuatan tetapi juga aspek kemampuan layan (*serviceability*). Pada tahap akhir dilakukan optimasi profil baja, yaitu elemen dengan kapasitas berlebih diganti dengan ukuran yang lebih efisien, sedangkan elemen yang belum memenuhi persyaratan diperbesar hingga mencapai nilai *Unity Ratio* yang memenuhi ketentuan. Hasil ini menunjukkan bahwa SAP2000 mampu mensimulasikan perilaku struktur secara efektif dan menjadi dasar yang andal dalam menentukan dimensi profil baja yang aman sekaligus ekonomis (CSI America, 2023).

388 | Inovasi Multidisipliner untuk Respon Tantangan Kontemporer

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis struktur baja jembatan bentang 40 meter menggunakan perangkat lunak SAP2000, dapat disimpulkan bahwa SAP2000 mampu digunakan secara efektif dalam proses pemodelan, analisis, dan desain struktur baja jembatan dengan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) secara cepat dan akurat. Profil baja yang digunakan pada gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka utama tipe *Warren Truss* telah memenuhi persyaratan kekuatan, stabilitas, dan kekakuan, yang ditunjukkan oleh nilai *Unity Ratio* seluruh elemen yang kurang dari atau sama dengan 1,00 serta lendutan maksimum yang masih berada di bawah batas yang diizinkan sehingga memenuhi aspek kemampuan layan (*serviceability*). Dengan demikian, struktur jembatan baja bentang 40 meter yang direncanakan dinyatakan layak untuk diterapkan pada jembatan bentang menengah, dan penggunaan SAP2000 terbukti meningkatkan efisiensi analisis serta membantu menghasilkan struktur yang aman, ekonomis, dan memenuhi persyaratan teknis; keberhasilan pelaksanaannya tetap harus didukung oleh proses fabrikasi, kualitas sambungan, serta pengawasan konstruksi yang baik sesuai spesifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (9th ed.). Washington, DC: AASHTO.
- American Institute of Steel Construction (AISC). (2022). *Specification for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 360-22). Chicago, IL: AISC.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Chandra, R., & Gupta, A. (2018). *Design of Steel Structures*. New Delhi: Standard Publishers.
- Chen, W. F., & Lui, E. M. (2005). *Handbook of Structural Engineering* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- CSI America. (2023). *SAP2000 Integrated Software for Structural Analysis and Design User's Manual*. Berkeley, California: Computers and Structures, Inc.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Jalan*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Galambos, T. V. (1998). *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures* (5th ed.). New York: John Wiley & Sons.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2015). *Structural Steel Design* (6th ed.). Boston: Pearson Education.
- Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. (2009). *Steel Structures: Design and Behavior* (5th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Segui, W. T. (2018). *Steel Design* (6th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Trahair, N. S., Bradford, M. A., Nethercot, D. A., & Gardner, L. (2018). *The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3* (4th ed.). Boca Raton: CRC Press.