

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, sesuai dengan pembahasan yang ada pada Bab 4, hasil akhir simulasi yang dilakukan pada tulisan ini sudah menyerupai kondisi sebenarnya. Sehingga hal-hal yang berkaitan dengan deformasi, hubungan tegangan-regangan, serta pola keruntuhan yang dihasilkan dari analisa ini dianggap sudah menyerupai kondisi sebenarnya.

Dalam simulasi ini, dapat disimpulkan beberapa hal seperti berikut:

1. Kenaikan suhu pada struktur Jembatan Krasak tidak langsung mengakibatkan penurunan struktur jembatan secara keseluruhan. Hal ini dapat dilihat pada suhu 990 °C dimana pada bagian tengah bentang jembatan mengalami kenaikan maksimumnya, yaitu sebesar 0,247 m.
2. Total deformasi struktur jembatan arah Z positif (kenaikan) selama pertambahan suhu sebesar 990 °C yaitu sebesar 0,42 m. Kenaikan ini berlangsung selama 160 menit. Kecepatan deformasi ini mencapai 0,0026 m/menit atau 0,00042 m/°C.
3. Kegagalan struktur, dimana mulai terjadi titik balik dari proses kenaikan menjadi penurunan, yang terjadi pada suhu 990 °C memiliki nilai modulus elastisitas sebesar ±18616 MPa.
4. Sedangkan pada deformasi maksimum, nilai modulus elastisitas dari Model 2D adalah 60,56 MPa (0,31% E_s awal), sedangkan pada Model 3D yaitu ±6205,64 MPa (3,1% E_s awal).
5. Waktu yang dibutuhkan oleh Model 2D untuk mencapai deformasi maksimumnya yaitu sebesar 76 menit, sedangkan Model 3D

membutuhkan waktu sekitar 17 menit (3D1), 24 menit (3D2), dan 30 menit (3D3).

6. Deformasi awal (suhu = 30 °C) yang terjadi, yaitu -0,2248 m (2D), -0,2089 m (3D1), -0,1795 m (3D2), dan -0,1758 m (3D3).
7. Kesimpulan poin 4 hingga 6 mengindikasikan bahwa struktur 2D lebih stabil, sedangkan struktur 3D lebih kaku.
8. Kenaikan suhu menyebabkan kenaikan tegangan sampai dengan menit ke-112. Kenaikan tegangan tersebut mencapai nilai rata-rata 2314% kondisi tegangan awal. Kecepatan kenaikan tegangan ini mencapai 20,66%/menit ($\pm 0,403 \text{ MPa/menit}$), atau sama dengan 3,31%/°C ($\pm 0,065 \text{ MPa/}^\circ\text{C}$).
9. Setelah mengalami kenaikan sekitar 23 kali lipat, tegangan tersebut terlihat mulai menurun kembali, yaitu mencapai nilai sekitar 13 kali lipat (2D), 5,7 kali lipat (3D1), 6,8 kali lipat (3D2) dan 7,6 kali lipat (3D3) apabila dibandingkan dengan tegangan awalnya.
10. Apabila diambil rata-rata total, maka dapat disimpulkan bahwa kegagalan batang profil baja karena efek tekuk terjadi karena kenaikan tegangan sebesar 16,03 kali lipat, sedangkan modulus elastisitas turun hingga 90,7%.
11. Kenaikan suhu menyebabkan kenaikan regangan hingga mencapai rata-rata 40 kali lipat pada menit ke-112, atau pada suhu berkisar antara 700 °C. Kecepatan kenaikan regangan ini mencapai 35,7%/menit ($0,017 \text{ mm/menit}$), atau 5,7%/°C ($0,003 \text{ mm/}^\circ\text{C}$). Kenaikan regangan ini kemudian semakin besar hingga mencapai rata-rata 147 kali lipat pada menit ke-198. Kecepatan kenaikan regangan pun akan naik hingga mencapai 124,4%/menit ($0,059 \text{ mm/menit}$), atau 15,3%/°C ($0,008 \text{ mm/}^\circ\text{C}$).
12. Apabila diambil nilai rata-rata, maka regangan akhir yang terjadi mencapai -0,0402 (203 mm) untuk Model 2D dan -0,0017 (8,53 mm) untuk Model 3D.
13. Penyebab utama keruntuhan Jembatan Krasak adalah efek domino antara kenaikan suhu yang menyebabkan pengurangan kekuatan

material (modulus elastisitas), yang kemudian menyebabkan terjadinya perilaku tekuk pada batang tegak dan batang pengaku transversal atas pada awalnya. Dengan terjadinya tekuk ini mengakibatkan pengurangan tahanan gaya dari batang tersebut sampai mendekati nilai nol. Pengurangan kemampuan untuk menahan beban ini mengakibatkan beban tersebut dipindahkan ke batang di sebelahnya. Pemindahan beban ini disertai berkurangnya kekuatan material akan mengakibatkan terjadinya perilaku tekuk berikutnya. Kumpulan perilaku ini akan menyebabkan struktur jembatan tidak lagi bersifat layaknya rangka baja, namun sudah menyerupai balok.

14. Penggunaan Model 2D untuk menganalisa perilaku struktur akibat kenaikan suhu kurang tepat untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan perilaku struktur yang terjadi pada Model 2D hanya mendekati keadaan sebenarnya, baik nilai ataupun pola keruntuhannya, sampai pada keadaan sebelum runtuh, lebih tepatnya sampai sekitar menit ke-190, atau ± 1075 °C. Proses keruntuhan yang terjadi berbeda jauh dengan kondisi pada Model 3D. Hal ini diperkirakan disebabkan hilangnya sejumlah elemen yang mengalami kenaikan suhu pada Model 2D, yaitu pada pengaku transversal atas. Karena itu, penulis menyarankan bahwa analisa perilaku struktur terhadap kenaikan suhu sebaiknya dilakukan dengan Model 3D yang paling mendekati keadaan sebenarnya, atau dari hasil simulasi, model yang cukup tepat adalah dengan menggunakan Model 3D2 atau Model 3D3.

5.2. SARAN

Dalam tulisan ini, masih terdapat beberapa kekurangan yang dapat dilengkapi demi melakukan simulasi keruntuhan Jembatan Krasak akibat kebakaran dengan keadaan yang lebih menyerupai aslinya. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk melanjutkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pelat jalan beton dimodelkan secara utuh, tidak dengan memodelkannya sebagai struktur komposit seperti dalam tulisan ini. Permodelan secara

utuh tersebut sebaiknya dilakukan baik secara sifat material, maupun bentuk geometrinya.

2. Apabila dimungkinkan dengan kondisi teknologi komputerisasi yang sudah memadai, maka sebaiknya struktur Jembatan Krasak dimodelkan dengan elemen *solid* secara keseluruhan, baik batang profil baja, pelat jalan beton, sambungan hingga baut, serta perletakannya. Sehingga akan didapatkan bentuk Jembatan Krasak yang benar-benar sesuai dengan keadaan aslinya.
3. Perhitungan beban termal pada kebakaran ini seharusnya dilakukan dengan menggunakan rumus dari formulasi beban termal pada luar ruangan.
4. Memodelkan batang profil baja yang mendekati keadaan sebenarnya, yaitu dengan membuat elemen batang profil yang dekat dengan sambungan (*gusset plate*) menjadi lebih kaku.
5. Menggunakan program analisa khusus untuk kebakaran, terutama kebakaran yang terjadi di luar ruangan. Selanjutnya hasil dari program tersebut di *export* ke ANSYS.