

Studi Keruntuhan dan Kinerja Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt

Heri Istiono¹, Agnes Nurul Aini²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya
e-mail: heri_istiono@itats.ac.id

ABSTRACT

Bridge collapses in Indonesia often occur, resulting in fatalities and financial losses. There are various causes for the collapse of the bridge, one of which is the bridge structure that is passed by excessive loads. To minimize the occurrence of bridge collapse, bridge maintenance is needed and facilitate maintenance, one of which is by knowing the mechanism of the collapse that occurs in the bridge. In this analysis, it is carried out by providing a pattern of vertical static loads on the structure and gradually increasing it with a multiplier factor until one vertical displacement target from the reference point. The results of the study show that the Pratt type steel truss bridge model fails to occur in the middle truss of the bridge with the actual ductility value already meeting the requirements of SNI 2833-2016 regarding bridge planning against earthquake loads.

Kata kunci: *Pushover Analysis, Pratt type steel truss bridge, collapse mechanism, ductility.*

ABSTRAK

Keruntuhan jembatan di Indonesia sering terjadi, Akibatnya dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian dari *finansial*. Penyebab keruntuhan jembatan tersebut ada bermacam-macam, salah satunya adalah struktur jembatan yang dilewati oleh beban berlebihan. Untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan jembatan diperlukan pemeliharaan jembatan dan memudahkan pemeliharaan salah satunya dengan mengetahui mekanisme keruntuhan yang terjadi pada jembatan. Dalam Analisa ini dilakukan dengan memberikan suatu pola beban vertical static pada struktur dan secara bertahap ditingkatkan dengan factor pengali sampai satu target perpindahan vertical dari titik acuan. Hasil studi menunjukkan ahwa model jembatan rangka baja tipe pratt kegagalan terjadi pada batang bawah tengah jembatan dengan nilai daktilitas aktual sudah memenuhi perstaratan SNI 2833-2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa.

Kata kunci: *Pushover Analysis, Jembatan rangka baja tipe pratt, mekanisme keruntuhan, daktilitas.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki topografi yang unik berupa daratan-daratan yang dipisahkan oleh perairan dan sungai. Kondisi inilah yang membuat Indonesia membutuhkan jembatan sebagai salah satu infrastruktur penting dalam menunjang perekonomian Indonesia (Susanto, Budipriyanto, 2014). jembatan itu sendiri berfungsi untuk menyebrangi suatu rintangan seperti sungai, rel kereta api, jurang maupun jalan raya. Jembatan bisa dikatakan baik jika kuat dari segi struktur, aman, nyaman untuk dilewati, serta ekonomis dalam segi pembuatan. Jembatan yang struktur rangka-nya menggunakan baja disebut jembatan rangka baja. Kasus Keruntuhan jembatan rangka baja di Indonesia terjadi di Tuban Jawa Timur yaitu Jembatan Widang yang runtuh pada 17 April 2018. Jembatan tersebut dibangun pada tahun 1974, panjang jembatan sekitar 260m, terdiri dari beberapa segmen yaitu segmen satu panjang 55m, segmen dua 55m, segmen tiga 55m,

segmen empat 55m, segmen lima 40m. Lebar jembatan 7m (belum termasuk trotoar di kiri dan kanan jalan). Menurut Ahli Konstruksi Bantot Sutriyono, Jembatan Widang runtuh akibat kelebihan beban, kendaraan mengangkut beban bermuatan lebih sehingga akumulasi beban itu yang menyebabkan jembatan tersebut roboh. Adapun beberapa kelebihan rangka baja yaitu mutu dan kekuatannya memiliki ragam karena buatan pabrik, memiliki kekuatan tekan dan tarik yang tinggi, pemasangan relatif cepat dan tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Berbagai macam jenis model struktur jembatan rangka baja, yaitu Howe Truss, Pratt Truss, Warren Truss, K Truss dan Baltimore Truss. Kelebihan pembangunan konstruksi baja diantaranya keseragaman dan keawetan, berkekuatan tinggi, memiliki sifat elastis, daktilitas tinggi dan mudah dalam pemasangan sambungan antar elemen struktur. Kekurangan diantaranya pemeliharaan baja. (Kadir, Ashad, Zaifuddin, 2021).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Struktur Jembatan

Adapun detail jembatan yang ditinjau adalah sebagai berikut :

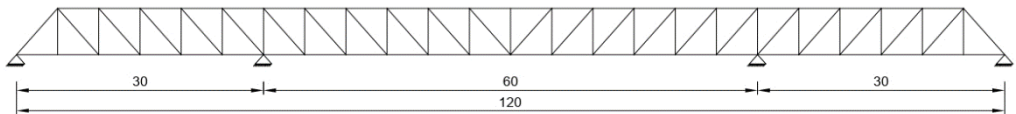
Lebar jembatan : 7 + 2 meter

Tinggi Jembatan : 6 meter

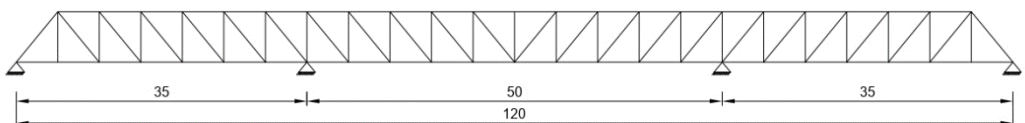
Mutu Baja : BJ 55 ($f_y = 410$ MPa, $f_u = 550$ MPa)

Mutu Beton : $f_c = 35$ MPa, $f_y = 400$ MPa

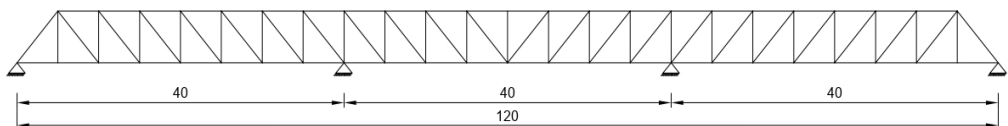
Model jembatan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



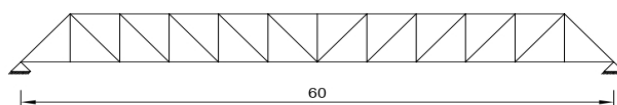
Gambar 1. Potongan Memanjang Jembatan Model A1



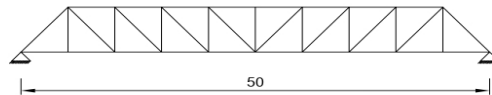
Gambar 2. Potongan Memanjang Jembatan Model A2



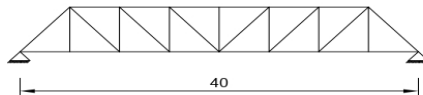
Gambar 3. Potongan Memanjang Jembatan Model A3



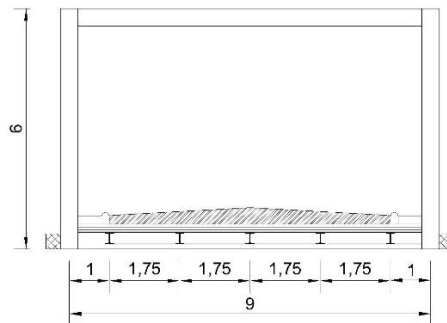
Gambar 4. Potongan Memanjang Jembatan Model B1



Gambar 5. Potongan Memanjang Jembatan Model B2



Gambar 6. Potongan Memanjang Jembatan Model B3



Gambar 7. Potongan Melintang Jembatan

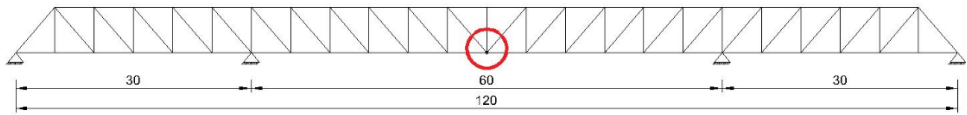
3. Analisa Pushover

Dalam penelitian ini menggunakan Analisa Nonlinier dengan program *pushover analysis* SAP2000. *Analysis Pushover* bertujuan untuk memperkirakan deformasi yang terjadi dan gaya maksimum serta untuk mendapatkan informasi elemen struktur mana saja yang kritis. Proses analisa ini dilakukan dengan memberi beban vertikal pada satu titik acuan yang ada pada struktur jembatan, kemudian bebannya ditingkatkan bertahap sampai target displacement dititik acuan tersebut tercapai. Hasil dari analisa ini adalah pola mekanisme keruntuhan, kurva hubungan antara gaya geser dasar dengan displacement pada titik acuan tersebut (Wahyuni and Tethool, 2005). Dalam penelitian ini menggunakan model 2 dimensi, hal ini dilakukan karena sulit menentukan beban runtuh dan mekanisme keruntuhan rangka utama jembatan jika menggunakan model 3 dimensi (Manda and Nakamura, 2010).

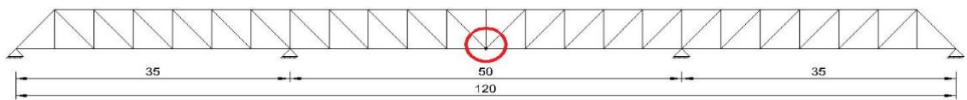
Dalam Analisa *pushover* dengan SAP 2000, yang perlu diperhatikan yaitu *Hinge Properties*. *Hinge Properties* merupakan bagian dari komponen struktur yang berperilaku nonlinier atau terjadinya sendi plastis. Berikut Langkah-langkah yang dilakukan untuk Analisa *pushover* pada SAP2000 adalah sebagai berikut :

- Pembuatan basic model dengan menggunakan *frame*. Rangka utama dari struktur jembatan dimodelkan *frame*.
- Pembebanan
Beban *pushover* didefinisikan sebagai beban nonlinier pada *load case* SAP 2000.
- Pendefinisian *Hinge Properties*
Hinge Properties pada elemen rangka utama didefinisikan sebagai elemen axial (dalam *frame hinge assignment* didefinisikan sebagai *Auto P*). sedangkan pada portal akhir didefinisikan sebagai elemen lentur (dalam *frame hinge assignment* didefinisikan sebagai *Auto M3*).
- Titik Acuan
Dalam analisa *pushover* yang perlu diperhatikan adalah beban dan titik acuan. Beban selain tipe analisisnya didefinisikan sebagai nonlinier, juga arah beban didefinisikan ke arah Z atau

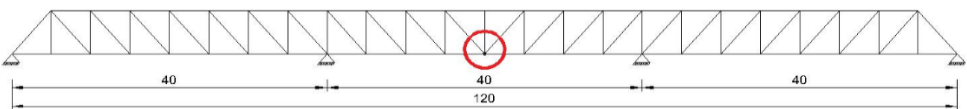
vertikal hal ini dikarenakan analisa dilakukan pada jembatan. Pada jembatan deformasi arah Z lebih dominan dibandingkan arah lainnya. Selanjutnya sebagai titik acu dalam analisa ini berada pada tengah bentang setiap model jembatan, dimana pada posisi tersebut akan menimbulkan *displacement* terbesar dibandingkan di titik yang lainnya. Berikut adalah lokasi titik acu pada salah satu model jembatan dalam analisa *pushover*.



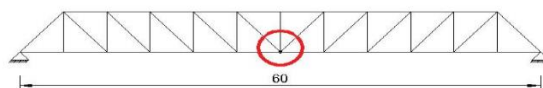
Gambar 8. Lokasi titik acu pada jembatan Model A1



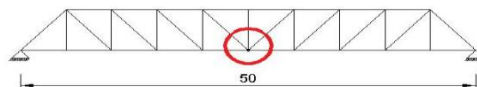
Gambar 9. Lokasi titik acu pada jembatan Model A2



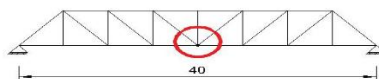
Gambar 10. Lokasi titik acu pada jembatan Model A3



Gambar 11. Lokasi titik acu pada jembatan Model B1



Gambar 12. Lokasi titik acu pada jembatan Model B2



Gambar 13. Lokasi titik acu pada jembatan Model B3

e. Running *Pushover Analysis*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Target *Displacement* berdasarkan FEMA 440

Target *Displacement* dalam analisa statis non-linier harus memberikan beban secara monotonik hingga batas tertentu sesuai target perpindahan (Istiono, Propika, 2017). Metode FEMA 440 (*Federal Emergency Management Agency*) merupakan pengembangan dari metode koefisien perpindahan FEMA 356 atau disebut metode perpindahan yang diperbaiki. Perbaikan atau modifikasinya diberikan untuk menentukan parameter C_1 dan C_2 .

Berikut target *displacement* berdasarkan FEMA 440 :

$$\delta T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{4\pi} \right)^2 g \quad (1)$$

Dimana :

- T_e = Waktu getar efektif
- C_0 = Faktor modifikasi penghubung nilai spectral displacement dan roof displacement.
Nilai $C_0 = 1,0$.
- C_2 = Faktor modifikasi penghubung antara perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier.

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T_e} \right)^2 \quad (2)$$

a = Nilai Konstanta

Jika waktu getar $< 0,2$ detik, nilai C_1 pada $0,2$ detik dapat dipakai. Dan ntuk waktu getar $> 1,0$ detik maka $C_1 = 1$

$$R = \frac{S_a}{v_y/W} C_m \quad (3)$$

- R = Rasio kuat elastik perlu terhadap kuat leleh terhitung
- C_m = Faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 FEMA 356
- W = Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.
- C_2 = Koefisien penghubung beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan berdasarkan perhitungan.

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T_e} \right)^2 \quad (4)$$

Jika waktu getar $< 0,2$ detik maka nilai C_2 pada $0,2$ detik dapat dipakai. Dan untuk waktu getar $> 0,7$ detik maka $C_2 = 1$

- C_3 = Faktor modifikasi yang memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek p-delta.
Untuk struktur dengan perilaku kekakuan pasca leleh bernilai positif maka $C_3 = 1,0$. Sedangkan bila pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka :

$$C_3 = 1 + \frac{|a|(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (5)$$

- S_a = Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau. Berdasarkan RSNI-T02-2005 S_a didapatkan persamaan :

$$S_a = C_D \times S_0 = 0,92 \times 1,2 = 1,104 \quad (6)$$

4.2 Tingkat Kinerja Struktur

Berdasarkan hasil Analisa *pushover* yang telah dilakukan, dapat dilihat level kerusakan struktur yang terjadi akibat deformasi yang diterima oleh bangunan. Sehingga dapat dilakukan evaluasi dan pengelompokan terhadap kategori kerusakan dan tingkat kinerja struktur gedung yang terjadi tiap perubahan nilai displacementnya.

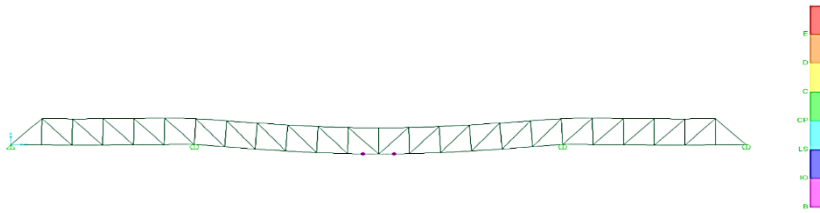
Tabel 1. Tabel level kerusakan akibat akibat terbentuknya sendi plastis dalam program SAP 2000

Ket	Simbol	Penjelasan
B		Tidak ada kerusakan struktur, Batas elastis pada struktur dan diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.
IO		Tidak ada kerusakan struktur, bangunan tetap berfungsi. hanya terjadi kerusakan komponen non struktur. Kekakuan dan kekuatan bangunan mendekati kondisi sebelum gempa.
LS		Terjadi kerusakan struktur dan non struktur mulai dari tingkat kecil hingga sedang, bangunan sementara tidak berfungsi. Kekakuan struktur berkurang tetapi masih mempunyai ambang cukup besar terhadap keruntuhan.
CP		Terjadi kerusakan parah pada struktur dan terjadi kegagalan pada komponen nonstruktural hingga bangunan hampir runtuh, maka kekuatan dan kekakuannya berkurang,
C		Batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa.
D		Struktur tidak mampu menahan gaya gempa, tetapi masih mampu menahan gaya gravitasi.
E		Struktur hancur (damage)

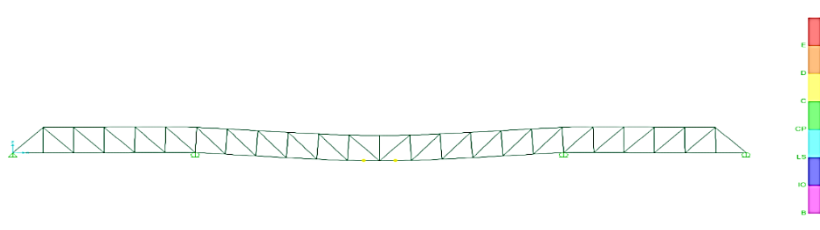
Berdasarkan *target displacement* FEMA 440 didapatkan *displacement* dari hasil Analisa *pushover* sebagai berikut :

Tabel 2. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A1

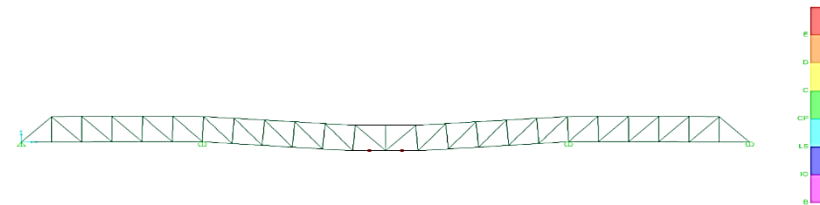
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0195	15415.16	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0502	27962.14	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.0552	29225.38	1	0	0	0	0	2	0	0	3
4	0.0936	24864.75	1	0	0	0	0	0	2	0	3
5	0.0936	24864.76	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 14. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A1 Step 1



Gambar 15. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A1 Step 3

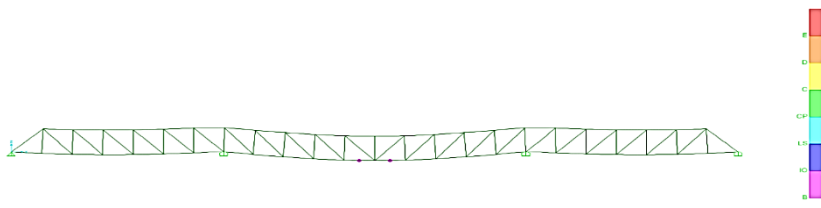


Gambar 16. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A1 Step 5

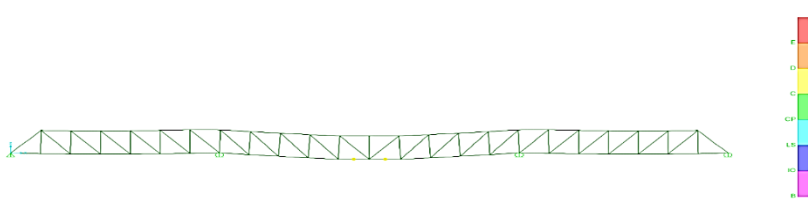
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 1 seperti pada gambar 14 saat target *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 3 seperti pada gambar 15 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 5 seperti pada gambar 16 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang paling panjang 60m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

Tabel 3. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A2

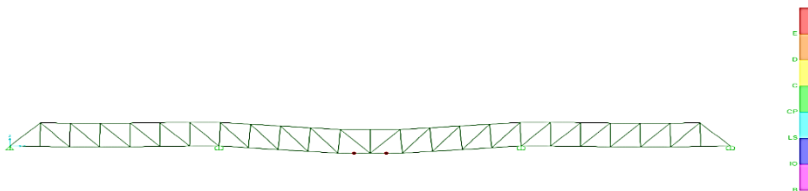
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0.0000	0.00	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0380	27078.91	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0678	45448.65	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.0880	52881.08	1	0	0	0	0	2	0	0	3
4	0.1210	46300.79	1	0	0	0	0	0	2	0	3
5	0.1210	46300.79	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 17. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A2 Step 1



Gambar 18. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A2 Step 3

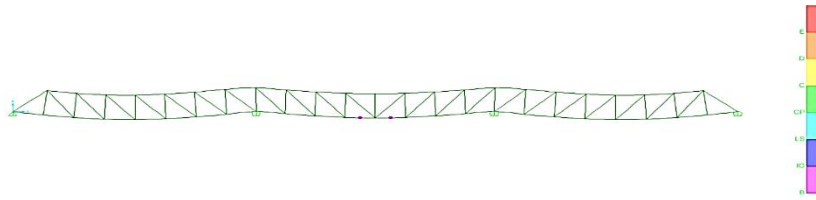


Gambar 19. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A2 Step 5

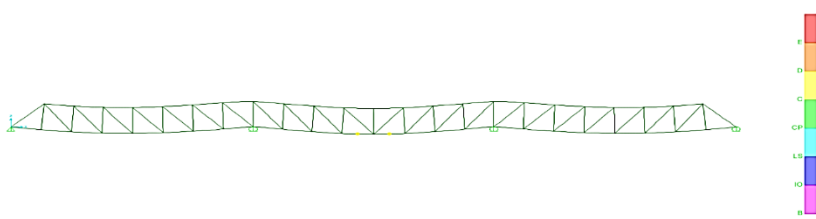
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 1 seperti pada gambar 17 saat target *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 3 seperti pada gambar 18 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 5 seperti pada gambar 19 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang paling panjang 50m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

Tabel 4. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A3

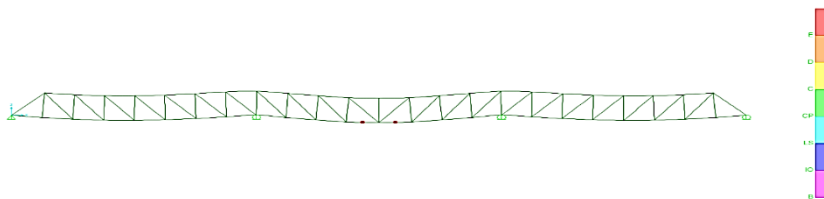
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0.0000	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0500	32882.70	3	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0790	51925.57	1	2	0	0	0	0	0	0	3
3	0.1290	71979.53	1	0	2	0	0	0	0	0	3
4	0.1790	92033.49	1	0	2	0	0	0	0	0	3
5	0.2107	104756.58	1	0	0	0	0	2	0	0	3
6	0.2310	94486.02	1	0	0	0	0	0	2	0	3
7	0.2310	94486.02	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 20. Pola Keruntuhan Jembatan Model A3 Step 3



Gambar 21. Pola Keruntuhan Jembatan Model A3 Step 5

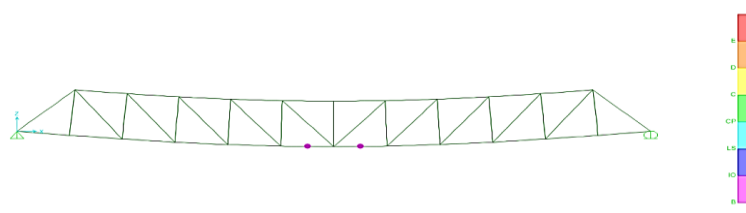


Gambar 22. Pola Keruntuhan Jembatan Model A3 Step 7

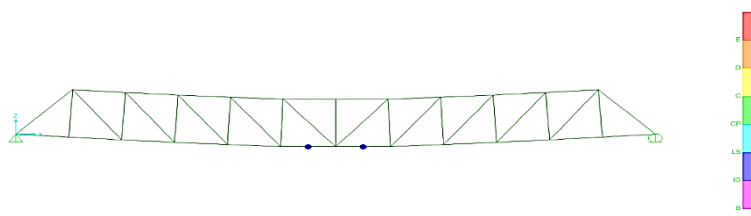
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 3 seperti pada gambar 20 saat target *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 5 seperti pada gambar 21 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 7 seperti pada gambar 22 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang masing-masing 40m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

Tabel 5. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B1

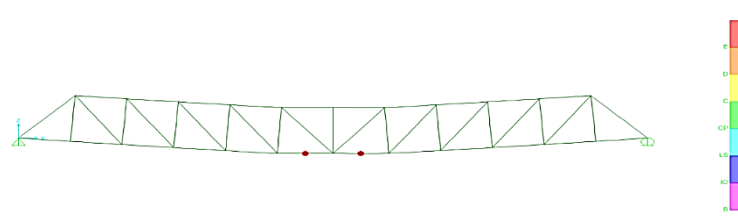
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0437	4649.77	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0937	5216.19	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1437	5782.61	1	0	2	0	0	0	0	0	3
4	0.1698	6078.29	1	0	0	0	0	2	0	0	3
5	0.2180	2867.86	1	0	0	0	0	0	2	0	3
6	0.2180	2867.86	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 23. Pola Keruntuhan Jembatan Model B1 Step 1



Gambar 24. Pola Keruntuhan Jembatan Model B1 Step 4

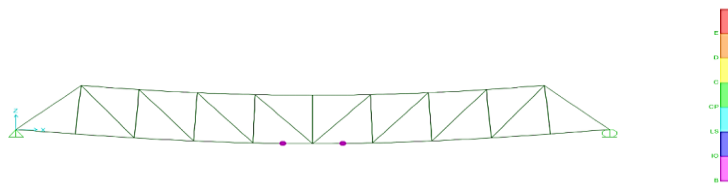


Gambar 25. Pola Keruntuhan Jembatan Model B1 Step 6

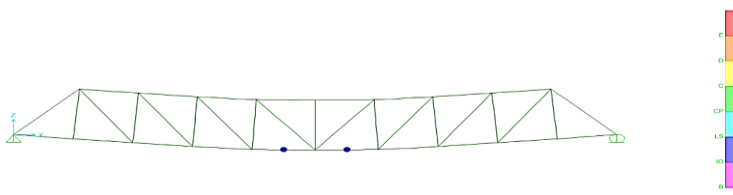
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 1 seperti pada gambar 23 saat target *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 4 seperti pada gambar 24 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 6 seperti pada gambar 25 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan bentang tunggal dengan panjang 60m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

Tabel 6. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B2

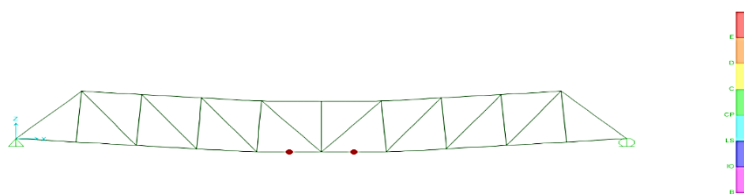
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0370	6056.84	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0870	6809.24	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1370	7561.60	1	0	2	0	0	0	0	0	3
4	0.1609	7922.08	1	0	0	0	0	2	0	0	3
5	0.2142	3719.31	1	0	0	0	0	0	2	0	3
6	0.2142	3719.31	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 26. Pola Kerumtuhan Jembatan Model B2 Step 1



Gambar 27. Pola Kerumtuhan Jembatan Model B2 Step 4

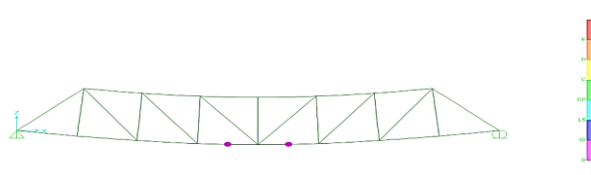


Gambar 28. Pola Kerumtuhan Jembatan Model B2 Step 6

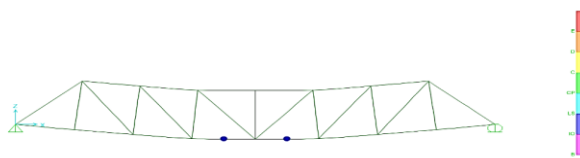
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 1 seperti pada gambar 26 saat terget *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 4 seperti pada gambar 27 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 6 seperti pada gambar 28 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang paling panjang 60m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

Tabel 7. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B3

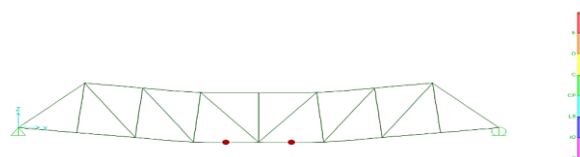
Step	Displacement (m)	Base- Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0306	8762.29	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0806	9864.95	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1306	10967.61	1	0	2	0	0	0	0	0	3
4	0.1527	11454.81	1	0	0	0	0	2	0	0	3
5	0.2103	5365.89	1	0	0	0	0	0	2	0	3
6	0.2103	5365.90	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 29. Pola Keruntuhan Jembatan Model B3 Step 1



Gambar 30. Pola Keruntuhan Jembatan Model B3 Step 4



Gambar 31. Pola Keruntuhan Jembatan Model B3 Step 6

Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step 1 seperti pada gambar 29 saat target *displacement* terlampaui, leleh pertama kali terjadi pada tengah jembatan. Pada step 4 seperti pada gambar 30 saat mencapai batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step 6 seperti pada gambar 31 saat mengalami *collapse* (kerusakan parah pada struktur). Jembatan terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang paling panjang 60m, maka sendi plastis terjadi pada tengah bentang jembatan.

4.3 Daktilitas

Kemampuan struktur terjadinya simpangan pada kondisi pasca elastik hingga terjadinya keruntuhan disebut daktilitas. Menurut SNI 2833-2016, sistem struktur daktilitas jembatan harus sesuai dengan proporsi perilaku inelastik pada kondisi utimit dan ekstrim sebelum terjadi kegagalan.

$\eta_D = 1,05$ digunakan pada komponen tidak daktail

$\eta_D = 1,00$ perencanaan konvensional

$\eta_D = 0,95$ digunakan pada komponen dengan tambahan daktilitas

$\eta_D = 1$ untuk kondisi batas lain termasuk kondisi batas ekstrim (gempa)

Nilai daktilitas didapatkan dari persamaan :

$$\mu = \frac{\delta u}{\delta y} \quad (7)$$

Dimana :

μ = Daktilitas

δu = *Displacement* mendekati keruntuhan struktur

δy = *Displacement* leleh pertama

Tabel 8. Nilai daktilitas semua model jembatan

Model	Base Force (T)		Leleh pertama (cm)	Ambang keruntuhan (cm)	Daktilitas (μ)
	Leleh pertama	Ambang keruntuhan			
A1	15415.16	24864.76	0.02	0.09	4.80
A2	27078.91	46300.79	0.04	0.12	3.02
A3	51925.57	94486.02	0.08	0.23	2.93
B1	4649.77	2867.86	0.04	0.22	4.99
B2	6059.78	8045.51	0.04	0.14	5.79
B3	8762.29	5365.90	0.03	0.21	6.87

Daktilitas aktual (mD) yang terjadi pada jembatan tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 2833:2016 Perencanaan jembatan terhadap beban gempa ($1,0 \leq mD \leq m_m$)

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari studi ini diambil berdasarkan analisa nonlinier dengan menggunakan *Pusdhover Analysis* SAP 2000 pada semua model jembatan rangka 2 dimensi yaitu :

1. Pola keruntuhan jembatan rangka baja tipe pratt, elemen rangka yang lemah / terjadinya sendi plastis adalah elemen batang bawah di tengah bentang.
2. Nilai daktilitas jembatan model A3 lebih kecil dibandingkan A1 dan A2. Sedangkan daktilitas jembatan model B1 lebih kecil daripada B2 dan B3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar Nasional Indonesia 1725:2016. (2008). *Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Standar Nasional Indonesia 2833:2016. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap Gempa..* Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Istiono, H., & Propika, J. (2017). *Analisa Non-Linier Pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt*. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 2(1).
- [4] Istiono, H., & Susanti, E. (2019). *Pola Keruntuhan Jembatan Rangka Menerus Tipe Waren*. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 3(2).
- [5] Istiono, H. (2016). *Mekanisme Keruntuhan Pada Jembatan Rangka Baja : pushover analysis, stell truss bridge, failure mechanism, dictility* (Publication No. RC 142501) [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya].
https://repository.its.ac.id/76113/1/3114202009-Master_Thesis.pdf
- [6] Atika, E. (2018). *Analisis Variasi Tinggi Rangka Batang Pada Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt* (Publication). Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/5822?show=full>
- [7] Supriyadi, B., & Muntohar, A, S. (2007). *JEMBATAN* : Yogyakarta , Beta Offset