

# Studi Keruntuhan dan Kinerja Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt

Heri Istiono<sup>1</sup>, Agnes Nurul Aini<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia<sup>1,2</sup>

e-mail: heri\_istiono@itats.ac.id

## ABSTRACT

*Bridge collapses in Indonesia often occur, this is because it can cause casualties and financial losses. One of the causes of the collapse of the bridge structure is passed by excessive loads. Therefore it is necessary to maintain the bridge and know the mechanism of the collapse that occurs to minimize the occurrence of bridge collapse. In this analysis, a vertical static load pattern is gradually applied to the structure and the multiplier factor is increased until the vertical displacement target is from the reference point. The results of this study indicate that the Pratt type steel truss bridge model fails to occur in the middle rootstock of the bridge with the actual ductility value already meeting the requirements of SNI 2833-2016 regarding bridge planning against earthquake loads.*

**Keywords:** Pratt type steel truss bridge, Mollapse mechanism, Pushover Analysis, Ductility.

## ABSTRAK

Keruntuhan jembatan di Indonesia sering terjadi, hal tersebut dikarenakan bisa menimbulkan korban serta kerugian finansial. Salah satu penyebab keruntuhan struktur jembatan adalah dilewati oleh beban yang berlebihan. Maka dari itu diperlukan pemeliharaan jembatan dan mengetahui mekanisme keruntuhan yang terjadi untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan jembatan. Dalam Analisa ini diberi pola beban vertical static secara bertahap pada struktur dan ditingkatkan factor pengali sampai target perpindahan vertical dari titik acu. Hasil studi ini menunjukkan bahwa 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:** Jembatan rangka baja tipe pratt, Mekanisme keruntuhan, Pushover Analysis, Daktilitas.

## 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 untk dilewati, serta ekonomis dalam segi pembuatan. Jembatan yang struktur rangka-nya menggunakan baja disebut jembatan rangka baja. Salah satu contoh Kasus Jembatan rangka baja yang runtuh di Indonesia 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).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pemodelan Struktur Jembatan

Adapun detail jembatan yang ditinjau adalah sebagai berikut :

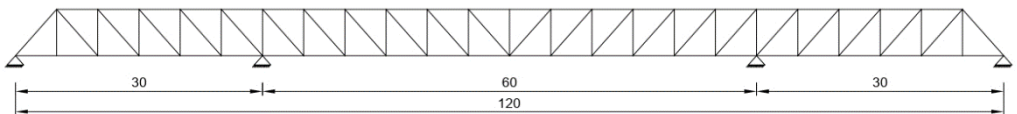
Lebar jembatan : 7 + 2 meter

Tinggi Jembatan : 6 meter

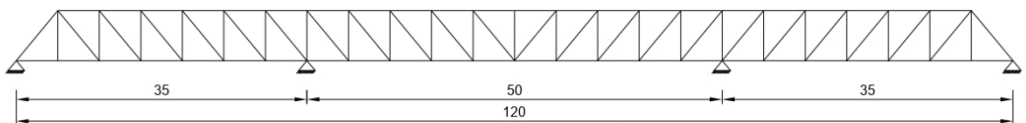
Mutu Baja : BJ 55 ( $f_y = 410$  MPa,  $f_u = 550$  MPa)

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

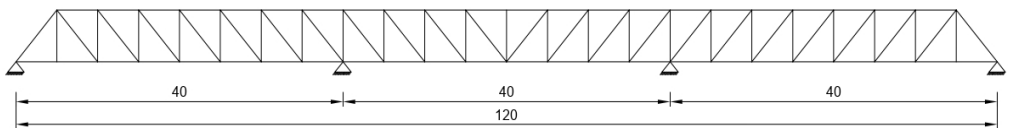
Model jembatan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



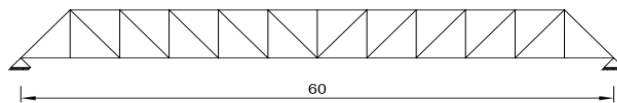
Gambar 1. Potongan Memanjang Jembatan Model A1



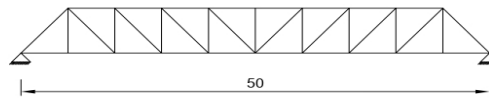
Gambar 2. Potongan Memanjang Jembatan Model A2



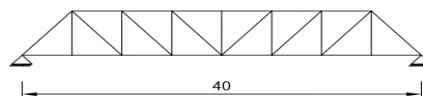
Gambar 3. Potongan Memanjang Jembatan Model A3



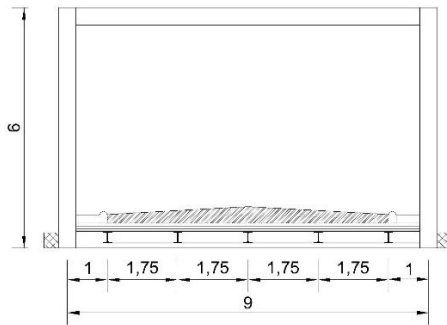
Gambar 4. Potongan Memanjang Jembatan Model B1



Gambar 5. Potongan Memanjang Jembatan Model B2



Gambar 6. Potongan Memanjang Jembatan Model B3



Gambar 7. Potongan Melintang Jembatan

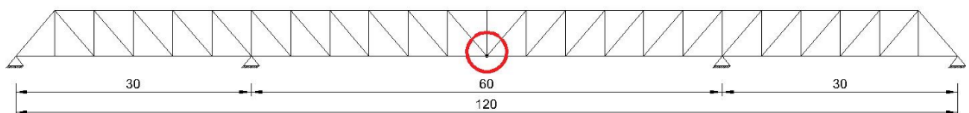
### Pushover Analysis

Dalam penelitian ini menggunakan metode *pushover analysis* program SAP 2000 dengan Analisa Nonlinier. Metode ini bertujuan untuk mengetahui besarnya deformasi dan gaya maksimum yang terjadi, serta mengetahui elemen struktur yang kritis. Proses analisa ini dilakukan dengan memberi beban vertikal pada titik acu dan meningkatkan beban secara bertahap hingga target displacement di titik tersebut tercapai. Hasil analisa ini adalah mengetahui bagaimana pola mekanisme keruntuhan, kurva hubungan antara gaya geser dasar dengan displacement pada titik acu tersebut. Penelitian ini menggunakan penodelan 2 dimensi untuk mempermudah dalam menentukan beban runtuh serta mekanisme keruntuhan rangka utama jembatan.

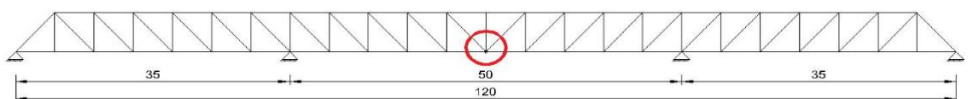
Hal yang perlu diperhatikan dalam Analisa pushover yaitu *Hinge Properties*. Dimana *Hinge Properties* merupakan bagian dari komponen struktur yang berperilaku nonlinier atau terjadinya sendi plastis. Langkah-langkah dilakukannya *Pushover Analysis* pada SAP 2000 yaitu :

- a. Pembuatan basic model  
Rangka utama struktur jembatan dimodelkan *frame*.
- b. Pembebanan  
Beban *pushover* didefinisikan sebagai beban non-linier pada *load case* SAP 2000.
- c. Pendefinisian *Hinge Properties*  
Pada elemen rangka utama (axial) didefinisikan sebagai *Auto-P*, Sedangkan pada portal akhir (lentur) didefinisikan sebagai sebagai *Auto M3*.
- d. Titik Acu

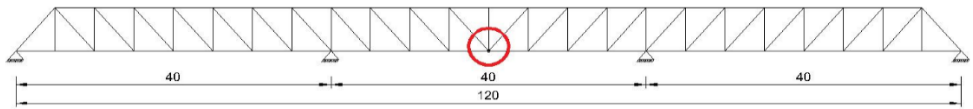
Dalam analisa *pushover* yang perlu diperhatikan adalah beban dan titik acu. Titik acu dalam Analisa ini berada di tengah bentang setiap model jembatan. Dan beban analisanya didefinisikan sebagai beban non-linier ke arah Z (vertikal). Hal ini dikarenakan deformasi arah Z lebih dominan daripada arah yang lain. Berikut adalah lokasi titik acu pada salah satu model jembatan dalam analisa *pushover*.



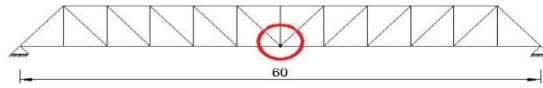
Gambar 8. Titik acu pada jembatan Model A1



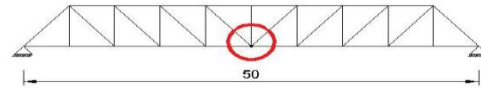
Gambar 9. Titik acu pada jembatan Model A2



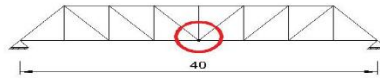
Gambar 10. Titik acu pada jembatan Model A3



Gambar 11. Titik acu pada jembatan Model B1



Gambar 12. Titik acu pada jembatan Model B2



Gambar 13. Titik acu pada jembatan Model B3

e. *Running Pushover Analysis.*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 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 terhadap kuat leleh  
 C<sub>m</sub> = Faktor massa efektif berdasarkan Tabel 3-1 FEMA 356  
 W = Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.  
 C<sub>2</sub> = 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<sub>2</sub> pada 0,2 detik dapat dipakai. Dan untuk waktu getar > 0,7 detik maka C<sub>2</sub> = 1

- C<sub>3</sub> = Faktor modifikasi kenaikan peralihan akibat efek p-delta. Untuk struktur dengan perilaku kekakuan pasca leleh bernilai positif maka C<sub>3</sub> = 1,0. Sedangkan bila pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka :

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








- S<sub>a</sub> = Akselerasi respons spektrum sesuai dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau. Berdasarkan RSNI-T02-2005 S<sub>a</sub> didapatkan :

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

### Tingkat Kinerja Struktur

Hasil analisa *pushover* dapat dilihat level kerusakan struktur yang terjadi akibat deformasi yang diterima oleh bangunan untuk melakukan evaluasi dan pengelompokan terhadap kategori kerusakan dan tingkat kinerja struktur gedung yang terjadi tiap perubahan nilai *displacement*.

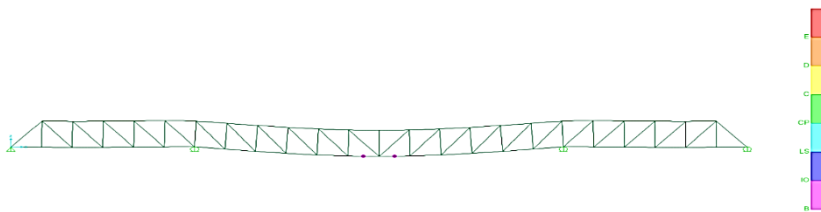
Tabel 1. Tabel level kerusakan akibat akibat terbentuknya sendi plastis dalam program SAP 2000

Ket	Simbol	Penjelasan
B		Tidak ada kerusakan struktur, Batas elastis pada struktur dan diikuti terjadinya pelepasan 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, tapi masih mampu menahan gaya gravitasi.
E		Struktur mengalami kehancuran (damage)

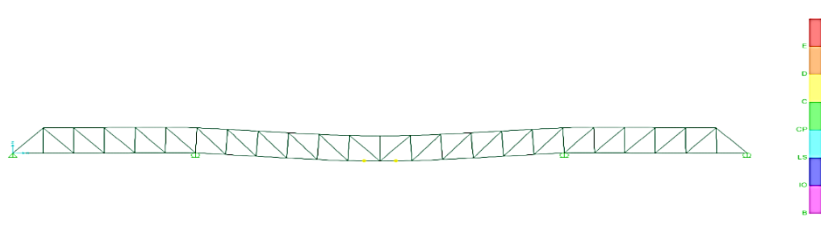
Berikut hasil *Pushover Analysis* didapatkan *target displacement* FEMA 440 yaitu :

Tabel 2. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A1

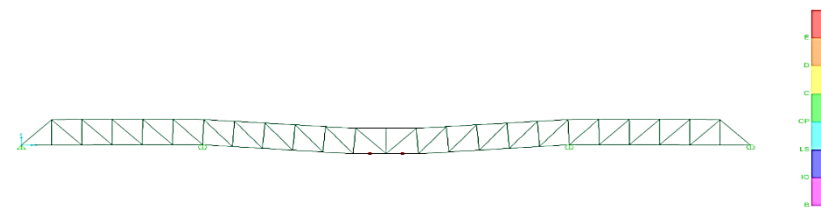
Step	Displacement (m)	Base Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0195	15415.16	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0502	27962.14	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.0552	29225.38	1	0	0	0	0	2	0	0	3
4	0.0936	24864.75	1	0	0	0	0	0	2	0	3
5	0.0936	24864.76	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 14. Pola Keruntuhan Jembatan Model A1 Step 1



Gambar 15. Pola Keruntuhan Jembatan Model A1 Step 3

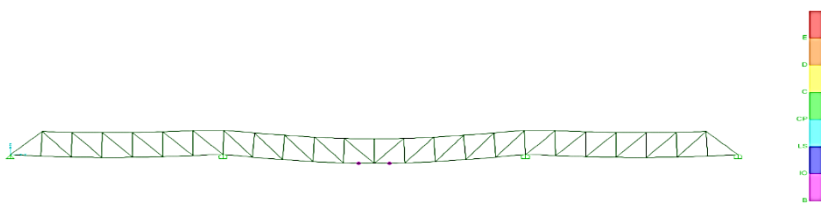


Gambar 16. Pola Keruntuhan Jembatan Model A1 Step 5

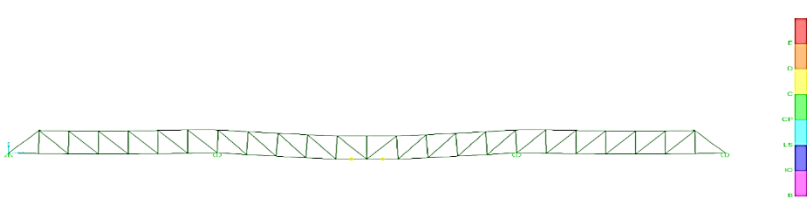
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step ke-1 gambar 14 saat terlampaui-nya terget *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-3 gambar 15 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-5 gambar 16 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model A1 terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang terpanjang 60m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

Tabel 3. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A2

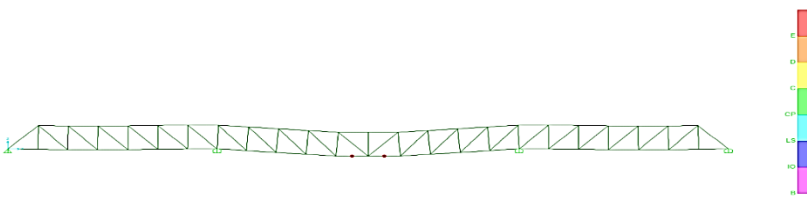
Step	Displacement (m)	Base-Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0.0000	0.00	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>1</b>	<b>0.0228</b>	<b>27078.91</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
2	0.0678	45448.65	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.0880	52881.08	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 Keruntuhan Jembatan Model A2 Step 1



Gambar 18. Pola Keruntuhan Jembatan Model A2 Step 3

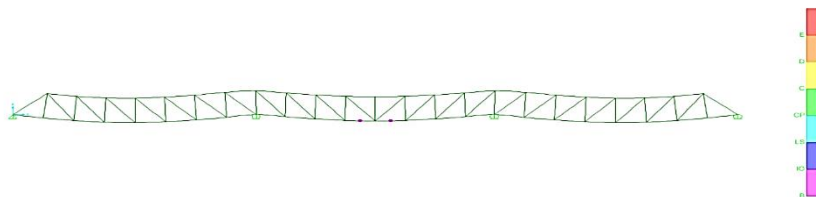


Gambar 19. Pola Keruntuhan Jembatan Model A2 Step 5

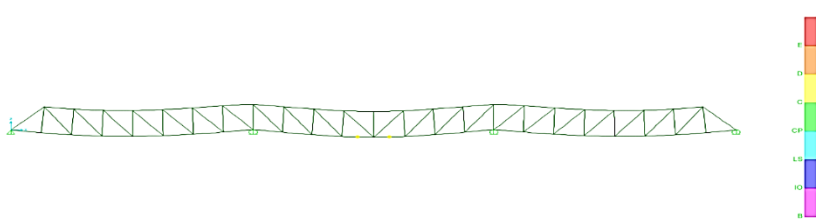
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step ke-1 pada gambar 17 terlampaui-nya target *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-3 gambar 18 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-5 gambar 19 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model A2 terbagi menjadi 3 bentang dengan bentang terpanjang 50m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

Tabel 4. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model A3

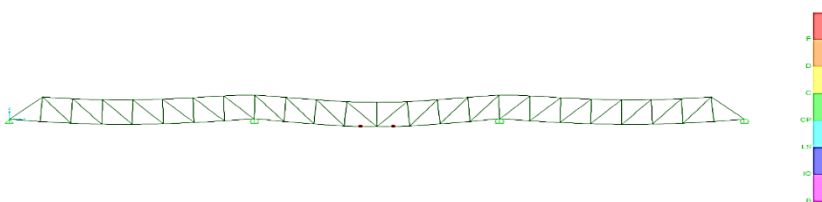
Step	Displacement (m)	Base-Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0.0000	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0500	32882.70	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>2</b>	<b>0.0790</b>	<b>51925.57</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
3	0.1290	71979.53	1	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	0.3310	94486.02	1	0	0	0	0	0	2	0	3
7	0.5000	94486.02	1	0	0	0	0	0	0	2	3



Gambar 20. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A3 Step 3



Gambar 21. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A3 Step 5



Gambar 22. Pola Kerumtuhan Jembatan Model A3 Step 7

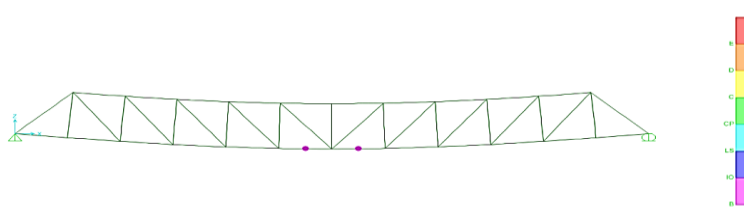
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step ke-1 pada gambar 20 terlampaui-nya target *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-5 gambar 21 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-7 gambar 22 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model



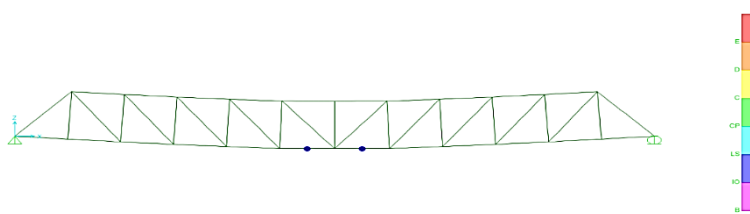
A3 terbagi menjadi 3 bentang dengan masing-masing bentang 40m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

Tabel 5. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B1

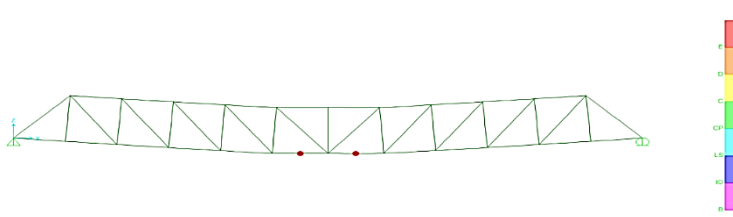
Step	Displacement (m)	Base-Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>1</b>	<b>0.0437</b>	<b>4649.77</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
2	0.0937	5216.19	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1437	5782.61	1	0	2	0	0	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



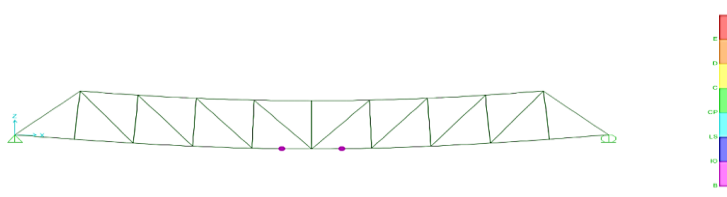
Gambar 25. Pola Keruntuhan Jembatan Model B1 Step 6

Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step ke-1 pada gambar 23 terlampaui-nya target *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-4 gambar 24 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-6 gambar 25 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model

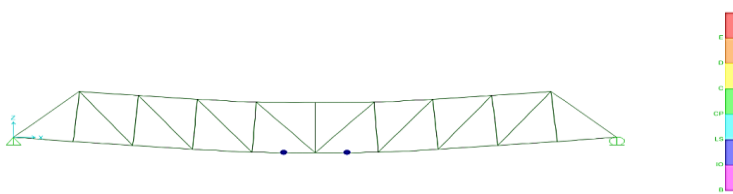
B1 merupakan jembatan bentang tunggal dengan Panjang 60m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

Tabel 6. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B2

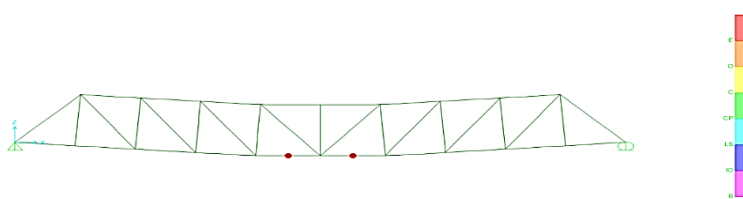
Step	Displacement (m)	Base-Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>1</b>	<b>0.0370</b>	<b>6056.84</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
2	0.0870	6809.24	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1370	7561.60	1	0	2	0	0	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 Keruntuhan Jembatan Model B2 Step 1



Gambar 27. Pola Keruntuhan Jembatan Model B2 Step 4

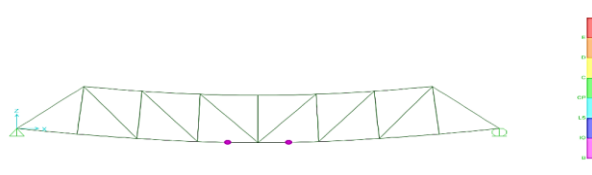


Gambar 28. Pola Keruntuhan Jembatan Model B2 Step 6

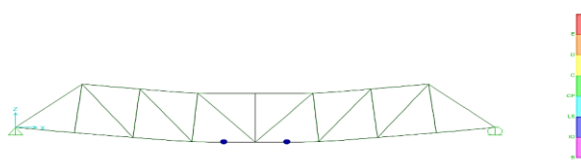
Tingkat kinerja struktur berdasarkan analisa *pushover* dapat dilihat pada step ke-1 pada gambar 26 terlampaui-nya target *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-4 gambar 27 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-6 gambar 28 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model B1 merupakan jembatan bentang tunggal dengan Panjang 50m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

Tabel 7. Tingkat Kinerja Struktur Jembatan Model B3

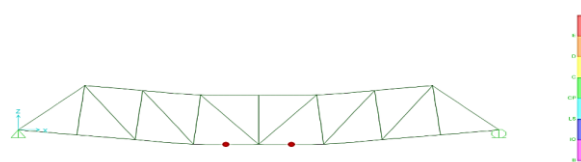
Step	Displacement (m)	Base-Force (KN)	A - B	B - IO	IO - LS	LS - CP	CP - C	C - D	D - E	> E	Total
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1	0.0306	8762.29	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2	0.0806	9864.95	1	0	2	0	0	0	0	0	3
3	0.1306	10967.61	1	0	2	0	0	0	0	0	3
4	0.1527	11454.81	1	0	0	0	0	2	0	0	3
5	0.2103	5365.89	1	0	0	0	0	0	2	0	3
6	0.2103	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 ke-1 pada gambar 29 terlampaui-nya target *displacement* dimana leleh pertama kali terjadi di tengah jembatan. Pada step ke-4 gambar 30 saat batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa. Pada step ke-6 gambar 31 saat terjadinya kerusakan parah pada struktur (*collapse*). Jembatan model B1 merupakan jembatan bentang tunggal dengan Panjang 40m, dan sendi plastis terjadi di tengah bentang jembatan.

### 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 :

$$\mu = \frac{\delta u}{\delta y} \tag{7}$$

Dimana :

$\mu$  = Daktilitas

$\delta u$  = *Displacement* mendekati keruntuhan struktur

$\delta y$  = *Displacement* kelelahan pertama

Tabel 8. Nilai daktilitas semua model jembatan

Model	Base Force (T)		Leleh pertama (cm)	Ambang keruntuhan (cm)	Daktilitas ( $\mu$ )
	Leleh pertama	Ambang keruntuhan			
A1	15415.16	24864.76	0.0195	0.0936	4.80
A2	27078.91	46300.79	0.0228	0.1210	5.30
A3	51925.57	94486.02	0.0790	0.5000	6.33
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) pada jembatan telah memenuhi persyaratan SNI 2833:2016 Perencanaan jembatan terhadap beban gempa ( $1,0 \leq mD \leq mm$ ).

## 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, terjadinya sendi plastis atau elemen terlemah terjadi pada elemen batang bawah di tengah bentang.
2. Berdasarkan hasil daktilitas yang didapat, semakin Panjang bentang jembatan maka semakin kecil daktilitas yang terjadi.

## 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 Warren*. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 3(2).
- [5] Istiono, H. (2016). *Mekanisme Keruntuhan Pada Jembatan Rangka Baja : pushover analysis, stell truss bridge, failure mechanism, ductility* (Publication No. RC 142501) [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. [https://repository.its.ac.id/76113/1/3114202009-Master\\_Thesis.pdf](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