

PENGARUH DEGRADASI KEKAKUAN PADA BATANG DIAGONAL TEKAN TERHADAP KINERJA JEMBATAN RANGKA BAJA BENTANG 60 M

Mohammad Hamdani Ismail PATAWE^{1*}, Kasmat Saleh NUR², Mirzan GANI³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo,
Indonesia

*Email korespondensi: mohhamdani178@gmail.com

[diterima: 20 Agustus 2022, disetujui: 18 Mei 2023]

ABSTRACT

A bridge is an infrastructure built solidly and safely to serve community activities well. In the course of its development, some steel truss bridges suffer a problem which is often caused by a traffic accident, resulting in a degradation of a bridge element (i.e., missing a member). The missing of member can change the structure that will lead to the instability of a bridge if the assumption of joint used is pinned. In contrast, the bridge structure will function as a frame even when an element is missing if the assumption of joint used fixed. This research aimed to find out the effect of stiffness degradation of compressive diagonal member on the performance of a steel truss bridge with a span of 60m. To find out the effect of degradation, Class A steel truss bridge with a span of 60m constructed by PT. Wiratama GlobalIndo Jaya was selected. The bridge was designed using the SAP 2000 V.18 application with two treatments, namely the pinned joint and the fixed joint. There were three compressive diagonal members that changed its stiffness degradation of 20%, 40%, 60%, and 80% including non-degradation as control. Findings reveal that member number 3 was the most crucial element that reached 4.307% of deflection and 8.65% of stress in the pinned joint. Furthermore, the results showed that the member obtained 4.230% of deflection and 17.87% of stress in the fixed joint. These results signified that the fixed joint provided a lower deflection than the pinned joint. Conversely, the stress on the fixed joint was greater than on the pinned joint.

Key words: Stiffness Degradation, Compressive Member, Buckling, Deflection, Stress

INTISARI

Jembatan adalah prasarana yang dibangun secara kokoh dan aman dalam melayani kegiatan masyarakat. Pada perkembangannya terdapat beberapa kegagalan jembatan rangka baja yang disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas yang menyebabkan salah satu elemen mengalami degradasi (seperti kehilangan salah satu batang). Kehilangan salah satu batang akan merubah struktur dari kondisi stabil menjadi tidak stabil jika asumsi sambungannya (joint) berupa *pinned*. Hal ini akan berbeda apabila kondisi sambungannya (joint) berupa *fixed*, sehingga apabila kehilangan salah satu elemen, struktur akan berperilaku sebagai frame. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh degradasi kekakuan pada batang diagonal tekan terhadap kinerja jembatan rangka baja bentang 60 m. Untuk melihat pengaruh degradasi, maka diambil salah satu produk jembatan rangka baja bentang 60 m kelas A yang diproduksi oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya. Jembatan tersebut dimodelkan menggunakan aplikasi SAP 2000 V.18 dengan dua perilaku yakni sambungan *pinned* dan sambungan *fixed*. Masing-masing perilaku dilakukan perubahan kekakuan (degradasi) pada 3 batang diagonal tekan yakni batang nomor 3, 7, dan 11 dengan variasi Non, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Berdasarkan variasi yang dilakukan memperlihatkan bahwa batang 3 menjadi elemen yang paling krusial, dengan hasil kenaikan lendutan mencapai 4.307% dan tegangan yang terjadi hanya sebesar 8.65% pada sambungan *pinned*. Kemudian pada sambungan *fixed* memberikan hasil untuk lendutan sebesar 4.230% dan tegangan sebesar 17.87%. Hasil ini menunjukkan sambungan *fixed* memberikan lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan sambungan *pinned* dan sebaliknya tegangan pada sambungan *fixed* lebih besar dari sambungan *pinned*.

Kata kunci: Degradasi Kekakuan, Batang Tekan, Tekuk, Lendutan, Tegangan.

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu prasarana yang dibangun untuk menghubungkan wilayah yang satu dengan wilayah lainnya yang terputus akibat adanya sungai, jurang, rawa, dan lainnya. Beberapa jenis jembatan yang ada di Indonesia salah satunya adalah jembatan rangka baja. Menurut Asiyanto (2008) jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari beberapa batang-batang baja yang terhubung satu sama lain, beban-beban yang diterima struktur ini akan disalurkan pada batang-batang baja tersebut, sebagai gaya-gaya tekan dan tarik melalui titik-titik pertemuan batang (titik buhul). Jembatan tipe ini sangat erat kaitannya dengan manusia dalam melakukan proses mobilisasi, sehingga jembatan rangka baja yang dibangun haruslah kokoh, aman, dan nyaman. Kokohnya jembatan harus memenuhi aspek-aspek perencanaan seperti kekuatan dan kestabilan struktur, kenyamanan dan keselamatan, kemudahan, ekonomis, pertimbangan aspek (sosial, lingkungan, dan jalan), keawetan dan kelayakan, hingga estetika, Bina Marga (2017).

Namun dalam perkembangan dunia konstruksi jembatan, ada beberapa permasalahan terhadap jembatan bahkan sampai memakan korban jiwa. Salah satu kasus jembatan yang pernah terjadi di Indonesia adalah jembatan krasak yang terletak di Sleman. Jembatan tersebut mengalami keruntuhan akibat terjadinya kebakaran pada truk tangki yang mengenai batang diagonal sehingga menyebabkan kenaikan temperatur hingga 300 derajat celsius dan menyebabkan degradasi tegangan pada baja hingga 80% menurut Netriady (2010). Seperti juga kasus collaps jembatan yang terjadi di Missisipi akibat kegagalan plat buhul menurut Rosyidah et al (2018). Hal ini dipengaruhi oleh proses degradasi atau penurunan kekuatan pada elemen. Penurunan kekuatan pada batang diagonal dapat diasumsikan bahwa salah satu batang telah hilang pada jembatan, sehingga kondisi jembatan yang

awalnya stabil menjadi tidak stabil ditambah dengan prinsip keseimbangan pada rangka, sehingga kinerja jembatan menjadi berbahaya. Kondisi tidak stabil tersebut juga disebabkan oleh kondisi sambungan yang hanya didesain berupa sambungan *pinned* sehingga rangka jembatan tidak memiliki kemampuan menahan gaya dan momen yang begitu besar ketika terjadi proses degradasi. Ketidakmampuan tersebut akhirnya menyebabkan batang-batang yang lain ikut menjadi gagal dan akhirnya terjadi collaps pada jembatan. Menurut Handayani (2013) beberapa faktor penyebab collaps adalah *overloading*, perencanaan tidak matang, dan ketidaksesuaian penggunaan material.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh degradasi kekakuan pada batang diagonal tekan terhadap kinerja jembatan rangka baja bentang 60 m. Parameter yang digunakan untuk melihat pengaruh degradasi kekakuan ini adalah lendutan dan tegangan. Menurut Arifi E. et al (2016) yang pernah menganalisis pengaruh lendutan terhadap tipe konfigurasi membuktikan bahwa pemilihan bentuk konfigurasi juga mempengaruhi lendutan yang terjadi.

KAJIAN TEORITIS

Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja merupakan jembatan yang terdiri dari beberapa elemen batang yang saling terhubung satu sama lain pada sebuah titik kumpul yang menimbulkan kestabilan. Kestabilan pada jembatan rangka baja diatur dalam (Hibbeler, 2012)

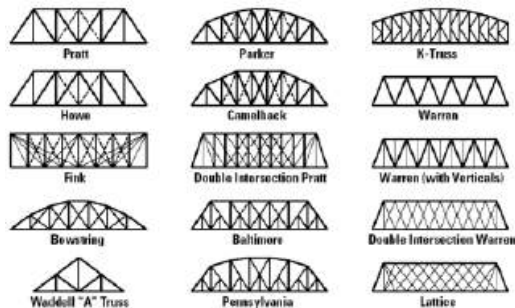
$$b + r = 2j \quad (1)$$

$$b + r > 2j \quad (2)$$

$$b + r < 2j \quad (3)$$

Beberapa tipe konfigurasi jembatan rangka baja yang dapat dijumpai dan sering

digunakan pada beberapa konstruksi. Tipe yang tersebar tersebut berupa tipe pratt, tipe warren, tipe howee, tipe k-truss, dan lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi jembatan rangka

Klasifikasi Penampang

Berdasarkan SNI 1729:2020 tentang baja, diatur klasifikasi penampang yang mengalami tekan. Klasifikasi ini bertujuan agar dimensi profil yang digunakan dapat diketahui apakah elemen langsing/non langsing. Berikut merupakan klasifikasi penampang antara sayap dan badan.

$$\frac{b_f}{2t_f} < 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}, \text{ untuk sayap} \tag{5}$$

$$\frac{h}{t_w} < 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}, \text{ untuk badan} \tag{6}$$

Batang Tekan

Pada sebuah jembatan, apabila dibebani sebuah beban secara gravitasi, maka serat bawah jembatan akan mengalami tarik, dan serat atas akan mengalami tekan. Pada jembatan, setiap elemen hanya bisa mengalami tekan dan tarik, sehingga sering disebut batang tekan dan batang tarik.

Pada batang tekan, apabila sebuah beban dibebani gaya tekan secara konsentris akan menyebabkan tekuk secara alamiah dari elemen tersebut, sehingga pada batang tekan terdapat faktor tekuk yang perlu dianalisis. Leonard Euler seorang ilmuwan telah merumuskan besaran beban yang dapat menyebabkan tekuk

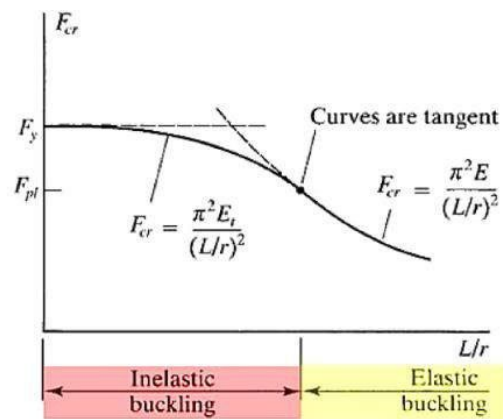
yaitu disebut Euler Buckling Load. Teori ini tercantum juga pada FR Shanley (1947)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \tag{7}$$

Apabila memasukan rumusan jari girasi $r^2 = IA$ maka akan diperoleh tegangan euler sebesar

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \tag{8}$$

Rumusan euler terkait pengaruh tekuk ini tidak selamanya dapat diterapkan, sehingga beberapa peneliti merumuskan pengaruh kelangsingan terhadap tegangan kritis.



Gambar 2. Kurva tekuk *inelastic elastic* (Davoudi et al, 2021)

Dalam desain batang tekan, banyak faktor yang perlu dicek sesuai batasan yang tersedia desain batang tekan secara lengkap dapat dilihat pada SNI 1729:2020. Secara garis besar, penentuan kapasitas penampang batang tekan sesuai pada persamaan dibawah ini.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \tag{9}$$

Penentuan tegangan kritis (F_{cr}) dilakukan sesuai syarat yang tertuang pada SNI 1729:2020, tetapi untuk kondisi elemen non langsing dapat diturunkan dengan rumusan berikut:

$$\text{Jika } \frac{L_c}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} < 2,25 \tag{10}$$

Maka,

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y \quad (11)$$

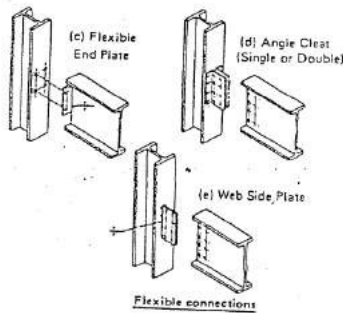
Jika $\frac{L_c}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$ (12)

Maka,

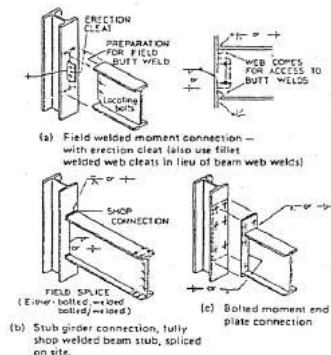
$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (13)$$

Jenis Sambungan

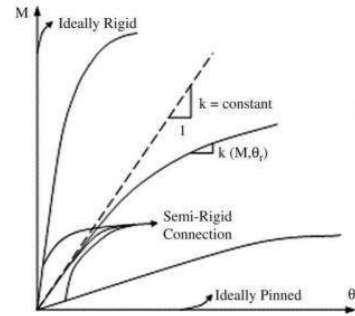
Sambungan merupakan struktur yang berfungsi untuk menyambungkan dua sisi yang terputus atau dua sisi terpisah yang perlu disambungkan. Menurut Kartal M.E (2010) dahulu sambungan semi kaku hanya dipertimbangkan secara rotasi kekakuan pegas tidak dianalisis secara proporsional sesuai sambungannya. Beberapa jenis sambungan yang digunakan pada dunia konstruksi adalah sambungan *pinned*, semi-rigid, dan rigid. Menurut Turker et al (2009) sambungan semi-rigid dapat meningkatkan fleksibilitas seluruh struktur sesuai peruntukannya, sehingga penting bagi jembatan untuk mempertimbangkan jenis sambungan yang digunakan.



Gambar 3. Sambungan sendi



Gambar 4. Sambungan rigid



Gambar 5. Semi-rigid (Chen and Lui, 1991)

Tegangan Pada Balok

Tegangan dianggap sebagai kekuatan gaya internal pada elemen struktur sebagai respons terhadap deformasi karena aksi beban eksternal. Pada umumnya intensitas gaya pada potongan ini bearah miring. Tegangan juga merupakan gaya namun persatuan luas. Berdasarkan hal itu, tegangan secara umum adalah perbandingan antara gaya yang bekerja terhadap luas penampang benda.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (14)$$

Beberapa tegangan yang ada didunia teknik sipil adalah tegangan normal, tegangan geser, dan tegangan lentur. Rumusan terhadap ketiganya dapat dilihat dibawah ini.

Tegangan normal

$$\sigma_n = \frac{N}{A} \quad (15)$$

Tegangan geser

$$\tau = \frac{VS}{bI_x} \quad (16)$$

Tegangan lentur

$$\sigma_m = \frac{MY}{I_x} \quad (17)$$

Lendutan Ijin

Lendutan menjadi salah satu parameter yang sering dijadikan acuan para engineer dalam menarik kesimpulan terhadap suatu elemen struktur yang dianalisis. Karena lendutan merupakan reaksi yang ditimbulkan akibat adanya pembesaran momen akibat aksi beban yang diterima, Menurut AASHTO

(2017) diatur batas ijin lendutan jembatan terhadap beban hidup sebagai berikut :

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{800}, \text{ untuk gelagar} \quad (18)$$

Degradasi Kekakuan

Degradasi menurut KBBI adalah penurunan atau kemunduran. Pada kebanyakan kasus, degradasi sering terjadi pada elemen- elemen struktur seperti balok. Penurunan yang terjadi ini tentu mempengaruhi kekakuan dari elemen tersebut, apalagi jika terjadi penurunan mutu pada elastisitas elemen, tentu saja kekakuan yang berpengaruh. Menurut Mohammed D.R et al (2019) reduksi kekakuan pada setiap tipe tipe sambungan memberikan perilaku berbeda beda pada efek tekuk baja. Secara teoritis, kekakuan berkaitan dengan elastisitas elemen sesuai yang diterapkan pada teori hukum hooke.

$$F = k.x \quad (19)$$

Dengan melakukan penurunan rumus terhadap elastisitas dapat diperoleh rumusan.

$$K = \frac{EA}{L} \quad (20)$$

Menurut Gandhi et al (2017) yang melakukan penelitian pada sambungan baja dengan mereduksi kekakuan pada joint baja menunjukkan terjadi penurunan momen pada setiap persentase terutama pada reduksi 40%.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini menggunakan produk jembatan rangka baja dari PT. Wiratama GlobalIndo Jaya yang merupakan perusahaan fabrikasi jembatan rangka baja.

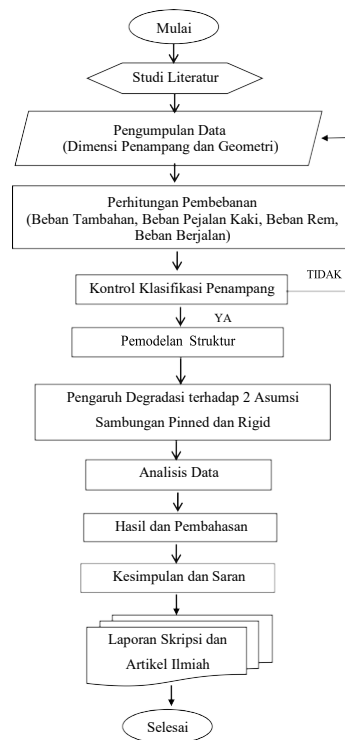
Metode Analisis Data

Metode analisis data mengacu pada persyaratan-persyaratan terkait seperti SNI 1725:2016 atau AISC 2016 yang merupakan adopsi dari SNI, SNI 1729:2020, serta

pemodelan dan analisis struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 V.18

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dijelaskan dengan bagan alir pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Penampang

Berdasarkan bagan alir penelitian, bahwa sebelum dilakukan degradasi perlu dianalisis terlebih dahulu terhadap penampang batang tekan yang digunakan. Analisis penampang didasarkan pada Persamaan (5) dan (6). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil analisis yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis penampang

Note	Profil	Klasifikasi	Dimensi				Batas Sayap			Batas Badan		Langsing/Non Langsing	
			H	B	T _w	T _f	Length	bf/2tf	0.56* ³ /E/F _y	h/t _w	1.49* ³ /E/F _y	Flange	Web
DG1	WB400 450 20 24	Tekn	400	450	20	24	5.896	9.375	13.292	17.600	35.366	NL	NL
DG3	WB400 400 14 16	Tekn	400	400	14	16	5.896	12.500	13.292	26.286	35.366	NL	NL
DG5	WB400 370 12 14	Tekn	400	370	12	14	5.896	13.214	13.292	31.000	35.366	NL	NL
DG7	WB400 330 12 14	Tekn	400	330	12	14	5.896	11.786	13.292	31.000	35.366	NL	NL
DG9	WB400 270 10 14	Tekn	400	270	10	14	5.896	9.643	13.292	37.200	35.366	NL	L
DG11	WB400 230 10 12	Tekn	400	230	10	12	5.896	9.583	13.292	37.600	35.366	NL	L
TC1	WB400 300 16 18	Tekn	400	300	16	18	5.000	8.333	13.292	22.750	35.366	NL	NL
TC2	WB400 360 18 22	Tekn	400	360	18	22	5.000	8.182	13.292	19.778	35.366	NL	NL
TC3	WB400 420 20 24	Tekn	400	420	20	24	5.000	8.750	13.292	17.600	35.366	NL	NL
TC4	WB400 450 22 26	Tekn	400	450	22	26	5.000	8.654	13.292	15.818	35.366	NL	NL
TC5	WB400 470 24 28	Tekn	400	470	24	28	5.000	8.393	13.292	14.333	35.366	NL	NL
TC6	WB400 470 24 28	Tekn	400	470	24	28	5.000	8.393	13.292	14.333	35.366	NL	NL
TB	H200.100 5.5 8	Tekn	200	100	5.5	8	10.82	6.250	13.292	33.455	35.366	NL	NL

Berdasarkan hasil tabel diatas diperoleh bahwa seluruh elemen batang tekan memiliki

rasio struktur < 1.0 dan kapasitas penampang lebih besar dibandingkan gaya batang.

Kapasitas Penampang Batang Tekan

Pada hasil analisis penampang yang dijelaskan sebelumnya diperoleh bahwa beberapa batang diklasifikasikan sebagai batang non langsing dan langsing. Permasalahan terkait langsing dan non-langsing ini kemudian akan ditentukan dari berapa besaran gaya, tegangan kritis, dan kapasitas penampang yang terjadi, pada dasarnya selagi kapasitas yang terjadi tidak melebihi kapasitas elastis/leleh sebenarnya elemen tersebut masih dapat diterima. Kapasitas penampang batang tekan didasarkan pada Persamaan (9), (10) dan (12). Berikut merupakan hasil kapasitas penampang yang dilakukan pada dua perilaku sambungan.

Tabel 2. Kapasitas penampang (*pin*ned)

Kode	Profil	Parameter						
		r _{min}	Ag	K	Fy	Length	Pu	Ø
DG1	WB400.450.20.24	112.85	28640	1.0	355	5896	2866.9	0.9
DG3	WB400.400.14.16	97.527	17952	1.0	355	5896	2412.3	0.9
DG5	WB400.370.12.14	89.311	14824	1.0	355	5896	1963.6	0.9
DG7	WB400.330.12.14	78.248	13704	1.0	355	5896	1510.7	0.9
DG9	WB400.270.10.14	63.83	11280	1.0	355	5896	1051.2	0.9
DG11	WB400.230.10.12	51.24	9280	1.0	355	5896	595.38	0.9
TC1	WB400.300.16.18	69.857	16624	1.0	355	5000	2409.9	0.9
TC2	WB400.360.18.22	87.733	22248	1.0	355	5000	4398.7	0.9
TC3	WB400.420.20.24	104.422	27200	1.0	355	5000	5953.2	0.9
TC4	WB400.450.22.26	112.805	31056	1.0	355	5000	7026.1	0.9
TC5	WB400.470.24.28	118.424	34576	1.0	355	5000	7687.6	0.9
TC6	WB400.470.24.28	118.424	34576	1.0	355	5000	7909.4	0.9
TB	H200.100.5.5.8	22.615	2612	1.0	355	10824	15.26	0.9
TB	H200.100.5.5.8	22.615	2612	1.0	355	5412	15.246	0.9

KL/r	4.71*√(E/Fy)	Ket	Fe	fy/fe	Fcr	ØPn	Pu < ØPn	Rasio
52.25	111.80	Inelastis	722.40	0.49	289.00	7449.32	OK	0.385
60.46	111.80	Inelastis	539.54	0.66	269.54	4354.94	OK	0.554
66.02	111.80	Inelastis	452.46	0.78	255.63	3410.50	OK	0.576
75.35	111.80	Inelastis	347.31	1.02	231.44	2854.44	OK	0.529
92.37	111.80	Inelastis	231.11	1.54	186.64	1894.81	OK	0.555
115.07	111.80	Elastis	148.93	2.38	130.61	1090.89	OK	0.546
71.57	111.80	Inelastis	384.92	0.92	241.31	3610.45	OK	0.667
56.99	111.80	Inelastis	607.12	0.58	277.93	5565.11	OK	0.790
47.88	111.80	Inelastis	860.07	0.41	298.68	7311.58	OK	0.814
44.32	111.80	Inelastis	1003.70	0.35	306.15	8557.06	OK	0.821
42.22	111.80	Inelastis	1106.19	0.32	310.38	9658.51	OK	0.796
42.22	111.80	Inelastis	1106.19	0.32	310.38	9658.51	OK	0.819
478.62	134.57	Elastis	8.61	28.46	7.55	17.75	OK	0.860
239.31	134.57	Elastis	34.43	7.12	30.20	70.99	OK	0.215

Tabel 3. Kapasitas penampang (*fix*ed)

Kode	Profil	Parameter						
		r _{min}	Ag	K	Fy	Length	Pu	Ø
DG1	WB400.450.20.24	113	28640	0.5	355	5896	2858.6	0.9
DG3	WB400.400.14.16	97.5	17952	0.5	355	5896	2397.5	0.9
DG5	WB400.370.12.14	89.3	14824	0.5	355	5896	1948.5	0.9
DG7	WB400.330.12.14	78.2	13704	0.5	355	5896	1500.2	0.9
DG9	WB400.270.10.14	63.8	11280	0.5	355	5896	1045.6	0.9
DG11	WB400.230.10.12	51.2	9280	0.5	355	5896	592.77	0.9
TC1	WB400.300.16.18	69.9	16624	0.5	355	5000	2407.5	0.9
TC2	WB400.360.18.22	87.7	22248	0.5	355	5000	4398.3	0.9
TC3	WB400.420.20.24	104	27200	0.5	355	5000	5953	0.9
TC4	WB400.450.22.26	113	31056	0.5	355	5000	7026	0.9
TC5	WB400.470.24.28	118	34576	0.5	355	5000	7687.5	0.9
TC6	WB400.470.24.28	118	34576	0.5	355	5000	7909.5	0.9
TB	H200.100.5.5.8	22.6	2612	0.5	355	10824	16.362	0.9
TB	H200.100.5.5.8	22.6	2612	0.5	355	5412	16.347	0.9

KL/r	4.71*√(E/Fy)	Ket	Fe	fy/fe	Fcr	ØPn	Pu < ØPn	Rasio
26.123	111.795	Inelastis	2889.60	0.123	337.207	8691.85	OK	0.329
30.228	111.795	Inelastis	2158.16	0.164	331.381	5354.06	OK	0.448
33.008	111.795	Inelastis	1809.86	0.196	327.020	4362.96	OK	0.447
37.675	111.795	Inelastis	1389.25	0.256	318.991	3934.31	OK	0.381
46.185	111.795	Inelastis	924.45	0.384	302.291	3068.86	OK	0.341
57.533	111.795	Inelastis	595.73	0.596	276.636	2310.46	OK	0.257
35.787	111.795	Inelastis	1539.68	0.231	322.342	4822.75	OK	0.499
28.496	111.795	Inelastis	2428.48	0.146	333.931	6686.36	OK	0.658
23.941	111.795	Inelastis	3440.28	0.103	339.994	8323.05	OK	0.715
22.162	111.795	Inelastis	4014.82	0.088	342.102	9561.88	OK	0.735
21.111	111.795	Inelastis	4424.75	0.080	343.277	10682.23	OK	0.720
21.111	111.795	Inelastis	4424.75	0.080	343.277	10682.23	OK	0.740
239.310	134.57	Elastis	34.43	7.115	30.197	70.99	OK	0.230
119.655	134.57	Inelastis	137.73	1.779	120.789	283.95	OK	0.058

Kinerja Jembatan Rangka Baja Akibat Degradasi Kekakuan

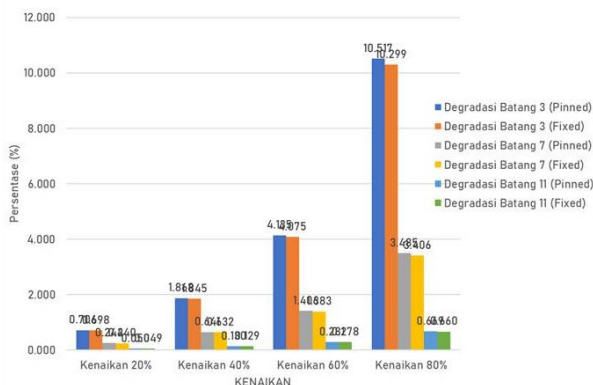
Pada penelitian ini, diasumsikan bahwa batang-batang tekan yang dipilih mengalami degradasi kekakuan dengan mengambil 5 variasi yaitu pada kondisi non degradasi, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Batang-batang tersebut adalah batang 3, 7, dan 11. Batang nomor 3 merupakan batang dengan dimensi DG3 WB400.400.14.16, kemudian batang nomor 7 adalah DG7 WB400.330.12.14, serta batang nomor 11 adalah DG11 WB400.230.10.12. Seluruh batang ini akan dilihat perilaku lendutan dan tegangannya. Khusus lendutan kombinasi pembebanan yang digunakan untuk mengecek lendutan adalah kombinasi yang akan memperhitungkan pengaruh chamber. Pada umumnya chamber merupakan 50% dari lendutan alamiah jembatan atau lendutan akibat beban mati jembatan itu sendiri, sehingga pada kombinasi yang digunakan, menggunakan rumusan -0.5DL + 1.0LL. Penggunaan mines bertujuan agar pembebanan pada beban mati akan melendut secara terbalik terhadap gravitasi, sehingga lendutan yang terjadi akan sama seperti pemberian syarat

chamber. Pembahasan terkait perilaku dibagi menjadi 2 sub tajuk berikut.

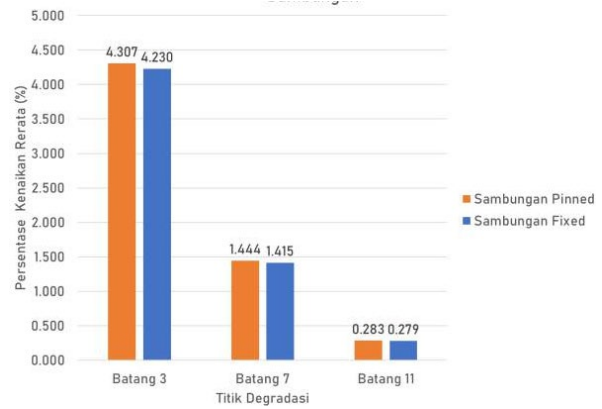
Kinerja Lentutan Akibat Degradasi Kekakuan Pada Sambungan Pinned dan Fixed

Lentutan merupakan reaksi yang ditimbulkan akibat adanya aksi yang diberikan sehingga terjadi pembesaran momen yang menyebabkan lentutan. Sambungan pinned merupakan jenis sambungan yang tidak dapat menahan momen sehingga sambungan tersebut dapat berotasi dan hanya mampu memikul/menahan gaya aksial saja dan sebaliknya pada sambungan *fixed*. Berikut merupakan hasil kinerja lentutan yang ditunjukkan Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan persentase kenaikan lentutan pada setiap perubahan variasi degradasi untuk setiap titik degradasi yang mengambil nilai lentutan berdasarkan titik-titik kritis. Pada batang 3, titik kritis berada pada segmen 5-15 m, batang 7 pada segmen 15- 25 m, dan batang 11 pada 25-35 m. Akibat titik degradasi di batang 3 kenaikan mencapai 10.517% pada sambungan *pinned* dan 10.299% pada sambungan *fixed*, kemudian titik degradasi batang 7 kenaikan maksimum 3.485% pada sambungan *pinned* dan 3.406% pada sambungan *fixed*, dan pada titik degradasi di batang 11 kenaikan maksimum 0.283% pada sambungan *pinned* dan 0.279% pada sambungan *fixed*.

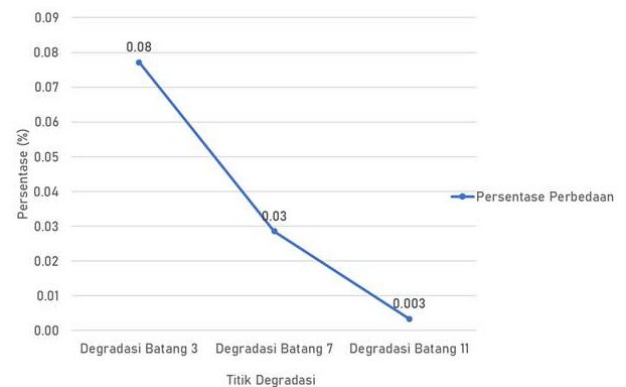


Gambar 7. Persentase kenaikan lentutan pada titik kritis akibat degradasi pada batang 3,7 dan 11



Gambar 8. Persentase kenaikan rerata lentutan terhadap jenis sambungan

Gambar 8 menunjukkan persentase kenaikan berdasarkan titik degradasi dengan menghitung persentase rerata dari setiap variasi. Pada sambungan *pinned* persentase mengalami penurunan dari batang 3 ke batang 11 mulai dari 4.307% sampai 0.283% dan pada sambungan *fixed* dari 4.230% sampai 0.279%. Berdasarkan hal ini, ditunjukkan persentase perbedaan akibat penggunaan sambungan *pinned* dan *fixed* yang ada pada Gambar 9.

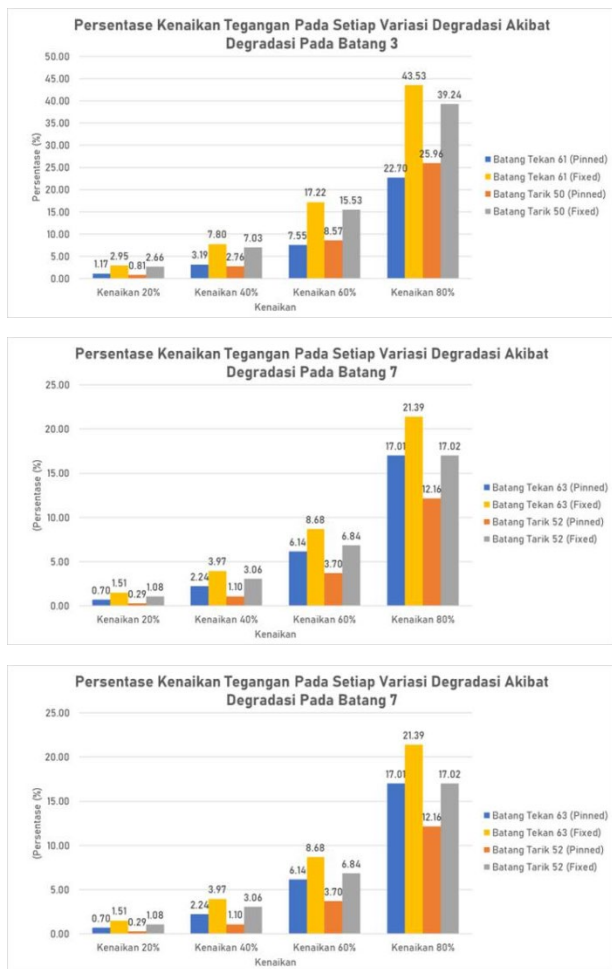


Gambar 9. Persentase perbedaan terhadap pengaruh sambungan

Kinerja Tegangan Akibat Degradasi Kekakuan Pada Sambungan Pinned dan Fixed

Metode penelitian yang digunakan untuk analisis tegangan hampir sama dengan lentutan dari variabel yang digunakan hingga variasi setiap variabel. Pada penelitian ini, tegangan yang akan dilihat adalah tegangan normal, hal ini dikarenakan gaya yang terjadi hanya berupa gaya aksial. Setiap dilakukan penurunan kekakuan pada batang tersebut, akan diambil hasil tegangan pada batang-

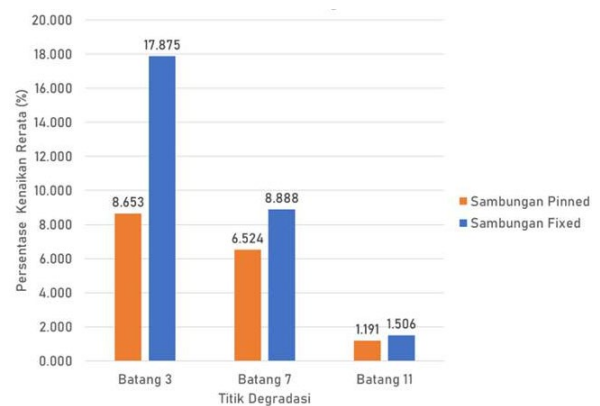
batang yang berada disekitar batang yang di degradasi. Pada degradasi di batang 3, tegangan yang akan dilihat adalah pada batang 61, 50, 2, dan 4. Pada degradasi di batang 7, tegangan yang dilihat adalah batang 63, 52, 6, 8, sedangkan pada batang 11 yaitu batang 65, 54, 10, 12. Berikut merupakan hasil perbandingan kinerja tegangan yang ditunjukkan pada gambar- gambar berikut.



Gambar 10. Persentase kenaikan tegangan terhadap jenis sambungan

Hasil persentase menunjukkan setiap terjadi kenaikan variasi degradasi, hasil yang tegangan yang diperoleh selalu meningkat hingga mencapai puncak tertinggi pada kondisi 80%. Pada degradasi di batang 3 untuk kenaikan 80% batang tekan, kenaikan yang terjadi mencapai 22.70% (sambungan *pinned*) dan 43.53% (sambungan *fixed*). Pada titik degradasi selanjutnya, secara konstan terjadi penurunan, seperti pada degradasi di batang 7 untuk kenaikan 80% batang tekan, kenaikan

yang terjadi sebesar 17.01% (sambungan *pinned*) dan 21.39% (sambungan *fixed*). Pada titik berikutnya yaitu titik degradasi batang 11, kenaikan nilai tegangan secara drastis terjadi penurunan, yaitu hanya sebesar 3.39% (sambungan *pinned*) dan 4.14% (sambungan *fixed*). Kondisi sambungan juga memiliki peran dalam mempengaruhi tegangan. Secara hasil yang diperoleh, perbedaan antara sambungan *pinned* dan *fixed* cukup drastis, secara rata-rata tegangan akibat sambungan *fixed* selalu lebih besar. Berdasarkan hal ini, berikut diberikan persentase kenaikan tegangan dari sambungan *pinned* dan sambungan *fixed* yang diambil secara rerata.



Gambar 11. Persentase kenaikan rerata tegangan terhadap jenis sambungan

Hasil ini diperoleh pada penggunaan sambungan *pinned* persentase mengalami penurunan dari batang 3 ke batang 11 mulai dari 8.653% sampai 1.191% dan pada sambungan *fixed* dari 17.875% sampai 1.506%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja lendutan akibat degradasi kekakuan pada batang tekan dengan menggunakan sambungan *pinned* dan *fixed* menunjukkan kecenderungan kenaikan pada setiap variasi degradasi. Persentase kenaikan terhadap titik degradasi dengan mengambil rerata pada setiap variasi menunjukkan untuk sambungan *pinned* pada batang 3 sebesar

4.307%, batang 7 sebesar 1.444% dan batang 11 sebesar 0.283% sedangkan pada sambungan fixed, untuk batang 3 sebesar 4.230%, batang 7 sebesar 1.415% dan batang 11 sebesar 0.279%. Pada kinerja tegangan akibat degradasi kekakuan pada batang tekan dengan menggunakan sambungan *pinned* dan *fixed* menunjukkan perilaku yang sama dengan lendutan terkait *trend* kenaikan pada setiap variasi degradasi. Persentase kenaikan tegangan rerata untuk sambungan *pinned* pada batang 3 sebesar 8.65%, batang 7 sebesar 6.52%, dan batang 11 sebesar 1.19% sedangkan untuk sambungan *fixed* pada batang 3 sebesar 17.87%, batang 7 sebesar 8.89%, dan batang 11 sebesar 1.51%. Kemudian berdasarkan tiga titik degradasi yang dilakukan, batang 3 menjadi titik yang krusial terhadap pengaruh degradasi kekakuan hal ini ditunjukkan terhadap hasil yang diperoleh pada kinerja lendutan dan tegangan untuk setiap variasi. Secara umum, penggunaan sambungan *pinned* menyebabkan tegangan mengecil tetapi lendutan membesar, sedangkan sambungan *fixed* menyebabkan tegangan membesar tetapi lendutan mengecil.

Beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam pengembangan penelitian ini adalah dapat menggunakan aplikasi yang lebih akurat atau solid dapat melakukan analisis jembatan rangka baja seperti ANSYS, STAAD.Pro dan lainnya, sehingga benar-benar akan diperoleh hasil yang sesuai.

REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017. *AASHTO LRFD Bridge Design Specification*. 4th ed. Washington DC: AASHTO.
- American Institute Steel Construction, 2016. *Specification for Structural Steel Building*. USA: AISC.
- Arifi, E., Suseno, H., Hidayat, M. T. & Grahadika, H., 2016. Pengaruh Konfigurasi Rangka dan Optimasi Profil Terhadap Kinerja Pada Struktur Jembatan Rangka Baja. *Rekayasa Sipil*, X(3), pp. 187-193.
- Asiyanto., 2008. Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja. Jakarta : UI-Press
- Badan Standarisasi Nasional, 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020. *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chen, W. F. & Lui, E. M., 1991. *Stability Design of Steel Frames*. 1st ed. Florida: CRC Press Inc.
- Davoudi. et al., 2021. The Effect of Slenderness Ratio on Modification of Compressive strength of AISC code for composite columns (CFT) T-Shaped with Numerical (FEM) and Experimental Analysis
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017. *Kriteria Desain Jembatan Standar (No. 05/SE/Db/2017)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- F.R, S., 1947. Inelastis Column Theory. *Journal of The Aeronautical Sciences*, 14(5), pp. 261-268.
- Gandhi, B., Gharat, P. & Murudi, M. M., 2017. A Study on the Effect of Partial Moment Releases on the Behaviour of Steel Structure. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, July, VI(7), pp. 13223-13229.
- Handayani, T., 2013, Evaluasi Penyebab Kegagalan dan Perbaikan Struktur Jembatan Rangka Baja Bentang 54m. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, Juni, XIII(1) , pp. 17-25.
- Hibbeler, R. C., 2012. *Structural Analysis*. 8th ed. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Kartal, M. E., Bayraktar, A., Basaga, H. B. & Muvavik, M., 2010. Effects of semi-

- fixed connection on structural responses. *Electronic Journal of Structural Engineering*, January, Issue 10, pp. 22-35.
- Mohammed, D. R. & Ismael, M. A., 2019. Effect of Semi-Fixed Connection on Post-Buckling Behaviour of Frames Using Finite Element Method. *Civil Engineering Journal*, July, V(7), pp. 1619-1630.
- Netriady, R., 2010. *Kajian Keruntuhan Jembatan Krasak Akibat Kebakaran Truk Tangki Bahan Bakar dengan Memperhitungkan Bentuk Sebenarnya dari Elemen Diagonal Rangka Utama dan Pengaku Atas Jembatan*, Depok: Universitas Indonesia.
- Rosyidah, A. & Tjondro, J. A., 2018. Keruntuhan Jembatan Akibat Kegagalan Pelat Buhul Pada Sambungan Jembatan Rangka Baja (Studi Kasus: Jembatan I-35W MISSISIPI). *POLITEKNOLOGI*, XVII(1), pp. 89-96.
- Turker, T., Kartal, M. E., Bayraktar, A. & Muvavik, M., 2009. Assessment of semi-fixed connections in steel structures by modal testing. *Journal of Constructional Steel Research*, Issue 65, pp. 1538-1547.