

Analisis Perbandingan modul Jembatan Gelagar Idan Gelagar Box Baja Sebagai Fungsi Jembatan Jalan Raya

Cahya Witriyatna, Dwi Agus Purnomo, Agung Barokah W, Mira Marindaa

Laboratorium Teknologi Prasarana Transportasi

Pusat Teknologi Sistem dan Prasarana Transportasi, Deputi Teknologi Industri dan Rancang Bangun, BPPT
Jl. Teknologi V Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan

Corresponding Author: Cahya Witriyatna

ABSTRACT: Bridges are part of transportation infrastructures that serve as a road link that is interrupted by obstacles (rivers, lakes, seas, valleys, other transportation infrastructure) that pass not a plot such as roads, railroads. If the function is classified, the bridge can be divided into highway and railroad bridges. In this paper, it will be shown whether the use of 41.15 meter bridge span size will be more optimum (effective and efficient) using a 200 cm I girder or 200 cm high box girder and the loads used on the highway bridge are grouped into three groups load, namely the weight of the girder, additional dead load, and live load. Additional dead load analyzed is the load of concrete plate, asphalt, and diaphragm while for live load with highway function is load D which consists of load distribution and load of Knife Edge Load (KEL) based on "Load for SNI Bridge 1725- 2016.

From the calculation results between the bridge girder module I and the steel girder box span 41.15 m for the highway bridge with 200 cm girder height, it was concluded that for the 200 cm girder height on the highway bridge is more effective using steel box girder type based on SNI material that is quite capable withstand road traffic loads according to standards.

In the case study plan crossing on Jl. KH. Mansyur Pekalongan to obtain an adequate aesthetic, the bridge box module will be more promising from aesthetic and architectural aspects with a span configuration that varies from 30 m to 100 m with the horizontal bridge alignment can be straight or curved .

Based on the results of research on the analysis of the calculation of loading for bridges 41.15 m span size using SNI 1725 2016 (new standard), it is known that there is a difference in wind load and seismic load of (30-40)% towards RSNI T-02 2005.

KEYWORDS: load, bridge, highway, SNI 1725 2016, RSNI T-02 2005, loading standard, type of load, combination of loading.

Date of Submission: 30-12-2018

Date of acceptance: 15-01-2019

I. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bagian dari prasarana transportasi yang berfungsi sebagai penghubung jalan yang terputus karenarintangan seperti sungai, danau, lembah, laut, jalur rel kereta api yang melintas tidak sebidang. Pada paper ini, akan diperlihatkan analisis perhitungan jembatan gelagar I (dibentuk dari plat baja) dan box girder dengan masing-masing ukuran bentang 41,15 m. Beban-beban yang diperhitungkan adalah beban yang digunakan sesuai dengan fungsi jembatan pada jembatan jalan raya. Untuk jembatan jalan raya beban dikelompokkan menjadi 3 kelompok beban yaitu berat sendiri gelagar, beban mati tambahan, dan beban hidup. Untuk beban mati tambahan yang di analisis yaitu beban pelat beton (deck slab), aspal, dan diafragma sedangkan untuk beban hidup untuk fungsi jalan raya adalah beban D yang terdiri dari beban terdistribusi (load distribution) dan beban Knife Edge Load (KEL) berdasarkan "Pembebanan Untuk Jembatan "SNI 1725:2016".

Analisis perhitungan jembatan gelagar I untuk jalan raya menggunakan panjang gelagar 41,15 m, jarak pusat antar gelagar 1,60 m, profil gelagar SM490YB dengan tegangan leleh 240 MPA, diafragma baja SS400 tebal 25 mm, tebal pelat beton 20 cm dengan kuat tekan pelat lantai beton 291,8 kg/cm² (K-350). Sedangkan untuk analisis perhitungan jembatan gelagar box untuk jalan raya menggunakan panjang gelagar 41,15 m, jarak pusat antar gelagar 5,00 m, profil gelagar SM490YB dengan tegangan leleh 240 MPA, diafragma baja WF 600x200 tebal pelat beton 20 cm dengan kuat tekan pelat lantai beton 291,8 kg/cm² (K-350).

Adapun tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut: (1) menganalisis kekuatan profil Idan profil box terhadap gaya-gaya yang bekerja khususnya beban hidup pada jalan raya; (2) menghitung kekuatan gelagar I dan gelagar box jembatan jalan raya pada kondisi awal (setelah diberi gaya prategang) dan kondisi layan; (3)

mengetahui efektifitas pemanfaatan antara jembatan gelagar I dengan jembatan gelagar box baja komposit untuk jalan raya.

II. METODOLOGI

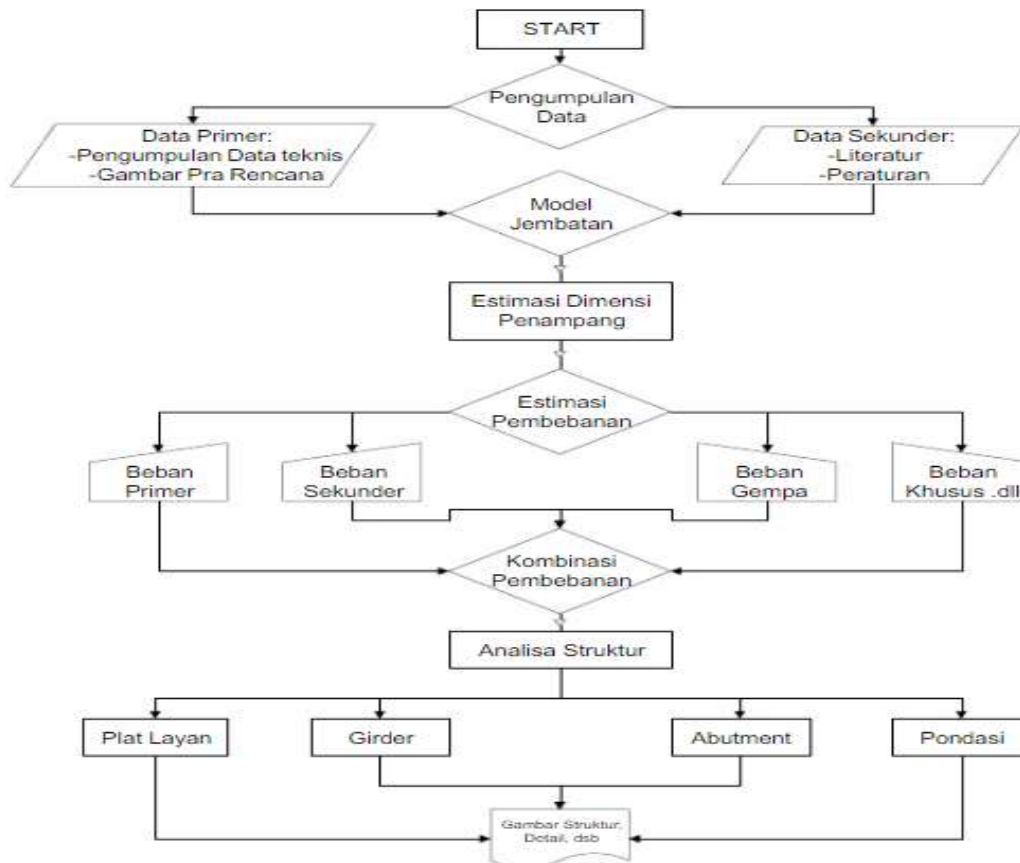
Metodologi penelitian yang dikembang dalam penelitian ini dapat dijelaskan seperti pada gambar 1 yang merupakan diagram alir.

Metode Perhitungan Pembebanan

Spesifikasi pembebanan yang digunakan dalam analisa struktur dan rencana teknis semua bangunan atas adalah **100%** pembebanan atau **BM100** dari “**Loading Specification For Highway Bridges**” SNI 1725 - 2016 yang merupakan revisi dari SK SNI T-02-2005.

Metode perhitungan pembebanan yang mengacu pada peraturan SNI 1725-2016, maka akan dilakukan pengecekan terhadap beberapa pengaruh yang sifatnya mengurangi. Sedangkan pembebanan yang tidak tercantum dalam Peraturan SNI 1725-2016, maka akan dihitung besar aksi dan pemilihan faktor beban.

Integrasi antara perhitungan pembebanan sesuai SNI 1725-2016 dengan perhitungan yang tidak sesuai SNI 1725-2016 akan mengubah aksi nominal menjadi aksi rencana menggunakan faktor beban. Selanjut ditentukan aksi batas rencana dan aksi rencana daya layan untuk dapat dilakukan kombinasi pembebanan. Dengan kombinasi pembebanan tersebut maka dapat ditentukan rencana pembebanan terpilih yang ditunjukkan pada gambar 2 dan tabel 1.



Gambar 1: Bagan alir penelitian.



Gb. 2: Flowchart Perhitungan Pembebanan

Tabel 1: Kombinasi Pembebanan dan Faktor Beban untuk menentukan beban terpilih (SNI1725:2016)

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - γ_p dapat berupa $\gamma_{MS}, \gamma_{MA}, \gamma_{TA}, \gamma_{PR}, \gamma_{PL}, \gamma_{SH}$ tergantung beban yang ditinjau

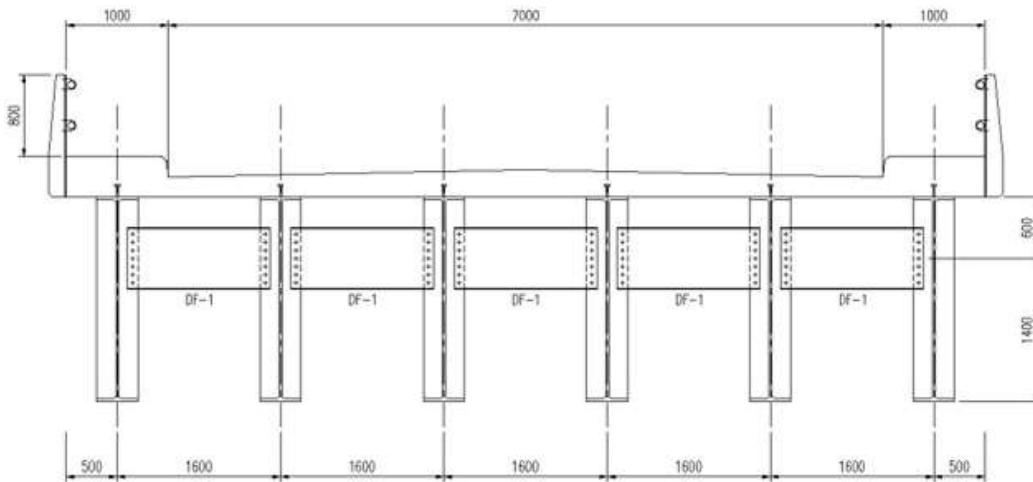
- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

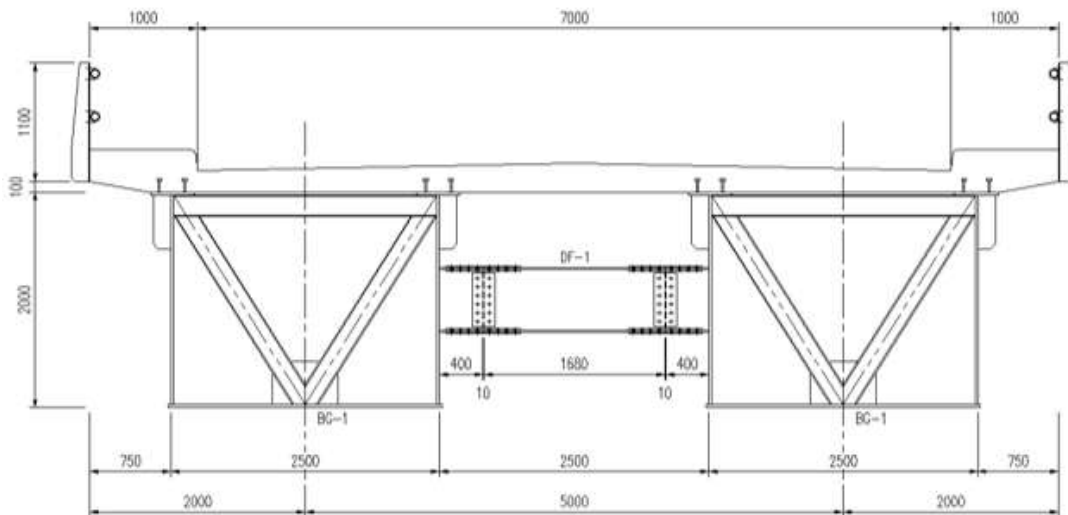
Geometri Struktur Jembatan

Geometri struktur jembatan Girder I baja untuk jalan raya pada analisis perhitungan adalah sama dengan data geometri struktur jembatan arah longitudinal adalah 41,15 m dengan lebar arah transversal yaitu 9 m. Segmentasi gelagar I arah longitudinal jembatan dibagi menjadi 8 segmen dengan masing-masing panjang segmen secara berurutan adalah sebagai berikut: (1,0-4,15-(5x5,15)-4,15-1,0) m. Jumlah gelagar I arah transversal sebanyak 6 buah dengan jarak antar gelagar 1,6 m, gambar 3 adalah gambar struktur jembatan gelagar I arah transversal dan longitudinal untuk fungsi jalan raya.

Geometri struktur jembatan Box Girder Baja untuk jalan raya pada analisis perhitungan adalah sama dengan data geometri struktur jembatan arah longitudinal adalah 41,15 m dengan lebar arah transversal yaitu 9 m. Segmentasi gelagar I arah longitudinal jembatan dibagi menjadi 1 dengan jarak bersih (tepi) segmen adalah 2,50 m. Jumlah gelagar box arah transversal sebanyak 2 buah dengan jarak pusat antar gelagar 5,0 m. Gambar 4 menunjukkan gambar struktur jembatan arah transversal dan longitudinal jembatan box girder jalan raya.



Gb.3. Geometri Struktur Jembatan Gelagar I



Gb.4. Geometri Struktur Jembatan Gelagar Box

Spesifikasi Teknis Material Jembatan

Spesifikasi teknis gelagar I dan Box girder seperti dijelaskan pada Tabel 2-Tabel3-Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2 Spesifikasi Teknis Gelagar I

Gelagar I	Ukuran
Bentang	41.15 m
Tinggi Gelagar	200 cm
Jarak antar gelagar	160 cm
Tebal plat beton	20 cm
Tegangan leleh baja SM490YB	240 MPa
Kuat tekan pelat	K-350

Tabel 3 Inersia Gelagar I (dibentuk dari plat baja) komposit dengan lantai beton

i	b	h	A	yi	Ai * yi	Ȳ	d _{yi} = yi - Y	Ai * d _{yi} ^2	I _{x0}
1	20.6	20	411.9	210	86496	141	68.79	1948982	13730
2	40	2.5	100	198.75	19875	141	57.54	331066	52
3	2.5	195	487.5	100	48750	141	-41.21	827972	1544766
4	40	2.5	100	1.25	125	141	-139.96	1958927	52
5	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0
			1099.4		155246			5066946	1558599
								I _{xx} =	6625546

Tabel 4 Spesifikasi Teknis Box girder

Gelagar Box	Ukuran
Bentang	41.15 m
Tinggi Gelagar	250 cm
Jarak antar gelagar	250 cm
Tebal plat beton	20 cm
Tegangan luluh SS400 t >16 mm	235 MPa
Kuat tekan pelat (K-beton)	K-350

Tabel 5 InersiaBox gider komposit dengan lantai beton

i	b	h	A	yi	Ai * yi	Ȳ	d _{yi} = yi - Y	Ai * d _{yi} ^2	I _{x0}
1	57.9	20	1158.4	210	243271	124.2	85.8	8536099	38614
2	5	197.5	987.5	101.25	99984.4	124.2	-22.9	518267	3209889
3	250	2.5	625	1.25	781.25	124.2	-122.9	9441656	326
4	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0
			2770.9		344037			18496021	3248829
								I _{xx} =	21744851

Beban-Beban yang Bekerja

Beban-beban yang bekerja pada jembatan jalan raya untuk gelagar I dan Box girder seperti diperlihatkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Beban-beban yang bekerja pada Jembatan Gelagar I

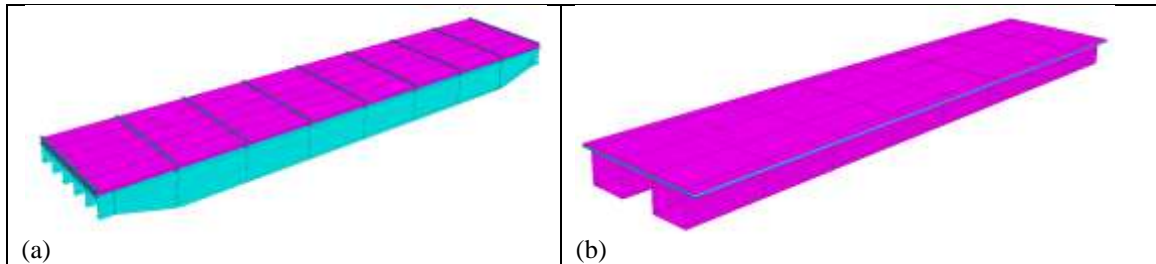
Komponen Beban	Fungsi Jembatan	
	Jalan Raya	Nilai Beban / m'
Beban Mati	Berat gelagar	1,358.82 kN/m'
	Pelat beton	4.9 kN/m2
	Aspal	1,098.03 kN/m2
	Diafragma (SS400)	745.01 kN/m'
Beban Hidup	Intensitas BTR (q)	12.448 kPa
	Intensitas BGT (p)	49.0 kN/m'
	Intensitas BGT dg FBD (p'')	68.6 kN/m'

Tabel 7 Beban-beban yang bekerja pada Jembatan Gelagar Box

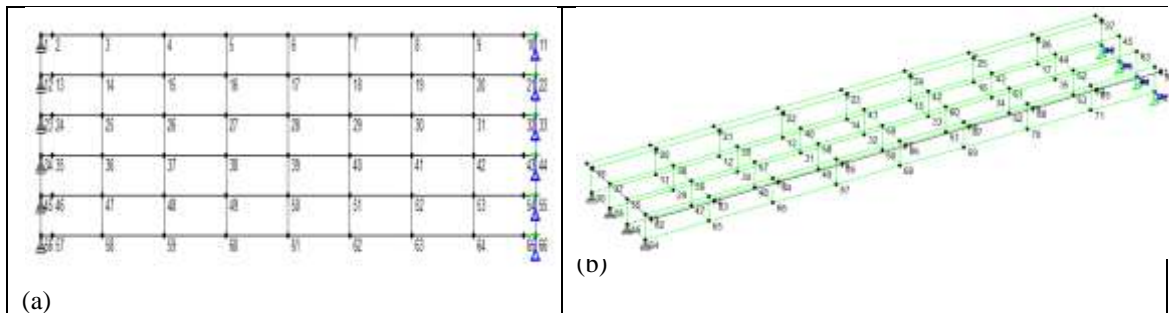
Komponen Beban	Fungsi Jembatan	
	Jalan Raya	Nilai Beban / m'
Beban Mati	Berat gelagar	1.298.04 kN/m'
	Pelat	4.9 kN/m2
	Aspal	112 kN/m2
	Diafragma (WF 600x200)	42.40 kN/m'
Beban Hidup	Intensitas BTR (q)	12.448 kPa
	Intensitas BGT (p)	49.0 kN/m'
	Intensitas BGT dg FBD (p'')	68.6 kN/m'

Hasil pemodelan gelagar I dan gelagar Box

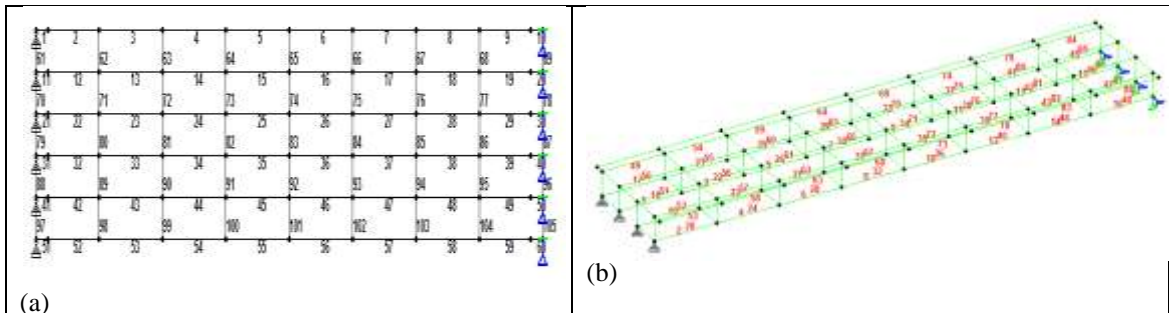
Pemodelan jembatan gelagar I dilakukan dengan menggunakan software Staat Pro yang diawali dengan input data propertis material yang digunakan dan proses data melalui penentuan joint, penomoran batang, pemilihan profil dan seterusnya, selanjutnya diperoleh hasil seperti pada gambar 5 berikut ini.



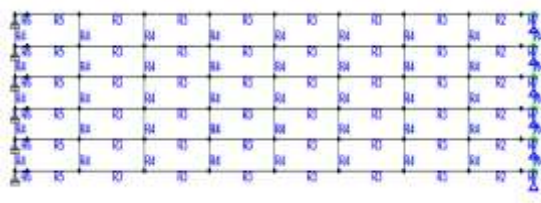
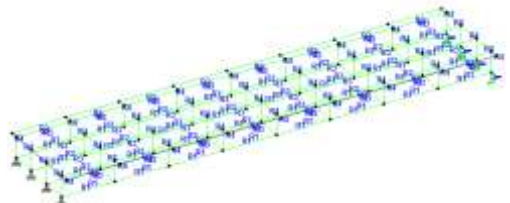
Gambar 5: Hasil Pemodelan Isometrik Gelagar I (a) dan Isometrik Box girder (b)



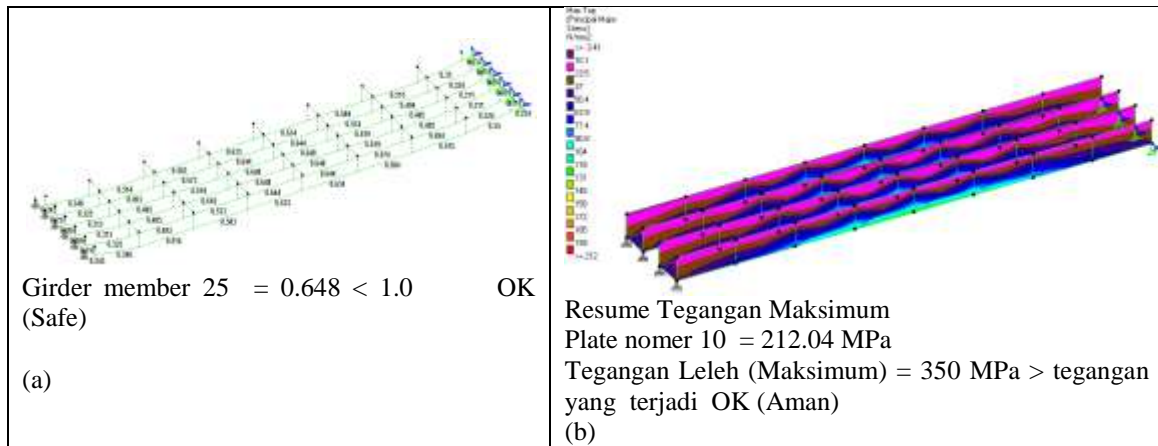
Gambar 6: Penomoran Join.Gelagar I (a) dan Box girder (b)



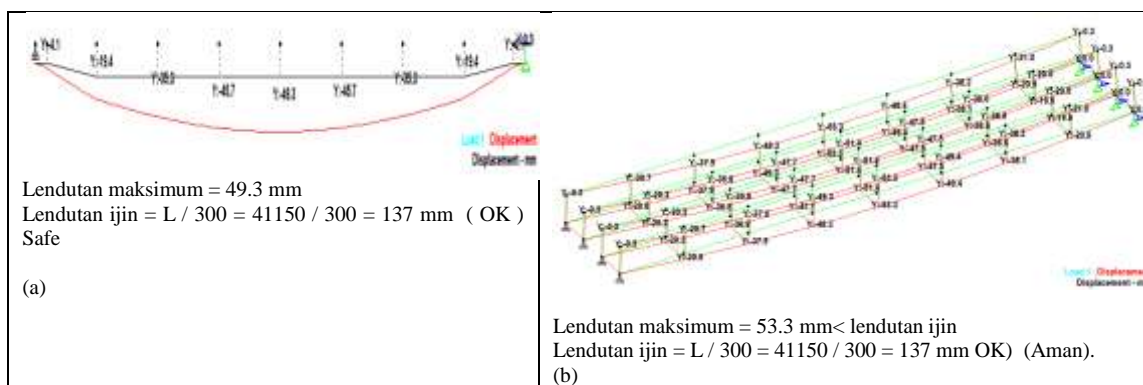
Gambar 7: Penomoran Batang Gelagar I (a) dan Penomoran pelat Box girder (b)

 <p>(a)</p> <p>Note Gelagar I :</p> <p>R2 & R5 : Girder 1200x400x25x25 – 2000x400x25x25</p> <p>R3 : Girder 2000x400x25x25</p> <p>R4 : Girder 1200x400x25x25</p> <p>R6 & R7 : Girder 1200x400x25x25.</p>	 <p>(b)</p> <p>Note Box girder :</p> <p>Box Girder Dimensi 2000 x 2500</p> <p>Dinding Box R1 = 25 mm</p> <p>Lantai Box R1 = 25 mm</p> <p>Pelat Lantai Beton = 200 mm (mutu beton Fc = 30 MPa)</p>
--	--

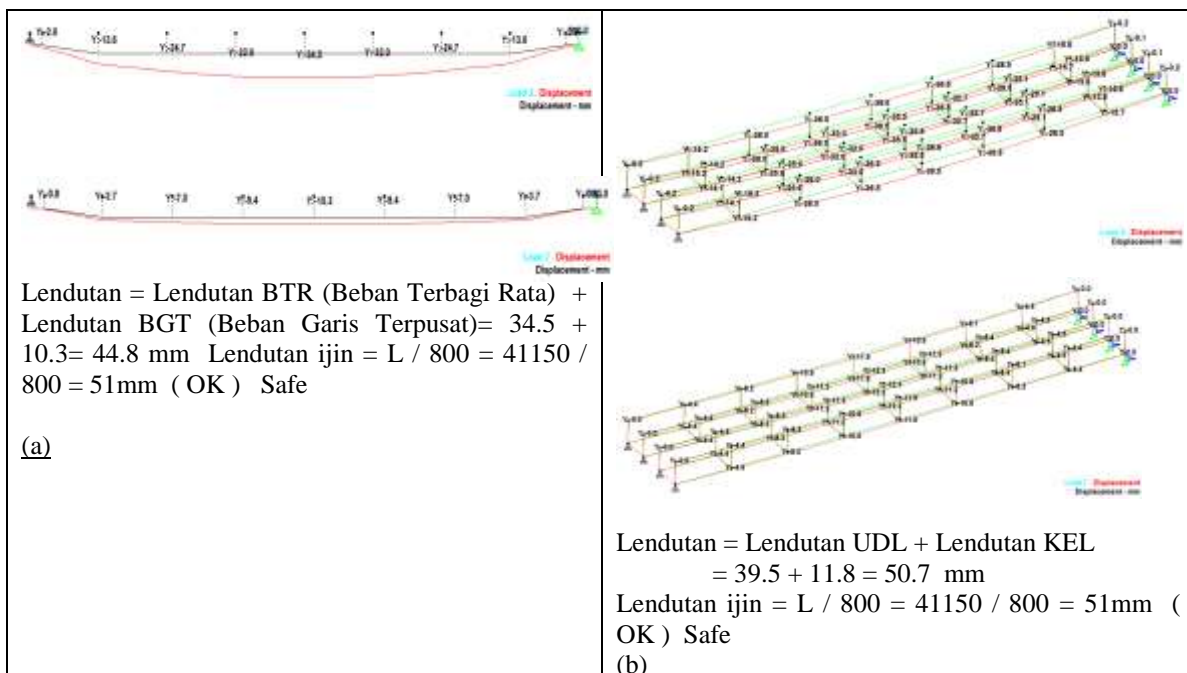
Gambar 8 : Pemilihan Profile Struktur Gelagar I dan Box girder



Gambar 9: Rasio Kekuatan Gelagar I dan Box girder



Gambar 10: Kontrol Lendutan Akibat Beban Mati Gelagar I dan Box girder



Gambar 11: Kontrol Lendutan Akibat Beban Hidup Gelagar I dan Box girder

IV. METODA KONSTRUKSI

Satu batang gelagar I ukuran 200 x 25 x 40 x 25 sepanjang 9 meter diperkirakan berbobot: $2,8 \times 0,025 \times 9 \times 7,85 = 5$ ton. Bobot komposit plat lantai = $0,2 \times 9 \times 2,5 + 0,015 \times 9 \times 7,85 = 5,5$ ton, dianggap 6 ton. Jika lengan crane sepanjang 35 meter, maka kapasitas crane yang dibutuhkan minimal = 6×35 ton meter = 210 ton meter, jika menggunakan tower crane SYT250(T7527-12) masih mampu.

Adapun jika menggunakan gelagar box panjang 6 meter, maka berat gelagar box = $6,60 \times 0,025 \times 6 \times 7,85 = 7,8$ ton atau dianggap 8,5 ton. Lengan crane yang dibutuhkan 35 meter, maka kapasitas tower crane yang dibutuhkan minimal 300 ton meter. Crane tipe SYT315(T7530-16) dapat digunakan

Jumlah sambungan badan jembatan

Sambungan badan jembatan memakai sambungan plat-baut geser, untuk jembatan dengan gelagar I dengan panjang gelagar 9 meter maka ada 5 sambungan, sedangkan untuk gelagar box dengan panjang gelagar box 6 meter maka terdapat 6 sambungan.

Pemasangan Plat Lantai

Pelaksanaan pemasangan plat lantai yang merupakan plat beton precast maka jembatan gelagar I mempunyai ruang diantara gelagar plat selebar 160 cm dan lubang untuk bekerja dari atas maupun bawah dengan sekat-sekat plat diafragma, Sedangkan untuk gelagar box lebar ruang 200 cm dengan lubang kerja dari atas dengan sekat-sekat bracing rangka profil.

Adapun jumlah dukungan untuk plat lantai, jika menggunakan gelagar I berjumlah 6 perletakan, sedangkan untuk gelagar box berjumlah 4 perletakan, sehingga menguntungkan pemakaian gelagar box dari jumlah volume material yang diperlukan.

Tabel 5: Perbandingan Jembatan baja Gelagar I dan Gelagar Box

No	Komponen	I girder	Box girder	Ket.
1	Berat materal baja (ton)	138,62	132,4	Box girder lebih hemat material baja
2	Jml perletakan plat lantai	6	4	Plat lantai lebih aman untuk gelagar I
3	Kapasitas Crane angkat yang dibutuhkan (ton meter)	250	315	Crane lebih kecil untuk gelagar I
4	Ruang kerja antara web (cm)	160	250	
5	Lubang kerja	Atas-bawah	atas	Pemasangan lantai untuk pra cetak lebih mudah gelagar I, untuk cast insitu sama
6	Bracing	plat	profil	
7	Pengembangan bentang	terbatas	Lebih panjang	
8	Tegangan (Mpa)	226,8	212,4	Tegangan ijin 350 MPa
9	Lendutan (mm)	44,8	50,7	Maks 51 mm
10	Rasio kekuatan	0,648	0,606	

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan antara jembatan gelagar I (dibentuk dari plat baja) bentang 41,15 m, dapat di ambil kesimpulan bahwa untuk tinggi gelagar I setinggi 200 cm untuk jembatan, tegangan pada serat bawah sangat mencukupi batas tegangan yang di ijinakan. Adapun hasil perhitungan antara jembatan box girder bentang 41,15 m, dapat di ambil kesimpulan bahwa untuk tinggi box girder 200 cm untuk jalan raya, tegangan pada serat bawah sudah mencukupi batas tegangan yang di ijinakan.

Dan dari hasil ini dapat diidentifikasi pula bahwa dengan tinggi gelagar I maupun box girder setinggi 200 sentimeter untuk jembatan jalan raya sudah mampu menahan beban, untuk gelagar I tegangan sedikit lebih besar namun lendutan sedikit lebih kecil.

Dari sudut pandang pemanfaatan material, hasil analisis perbandingan dalam penggunaan material baja, maka jembatan gelagar box akan lebih hemat dibanding jembatan gelagar I.

Penggunaan crane untuk Pengangkatan modul gelagar dan plat lantai, pada jembatan gelagar I membutuhkan kapasitas crane yang lebih kecil dibanding jembatan box girder.

Untuk pengembangan aspek estetika dan bentangan yang lebih panjang sampai 100 m, jembatan box girder lebih menjajikan untuk dikembangkan, lendutan bisa diatasi dengan penambahan tampang web pada tengah plat bawah sekaligus menghubungkan plat bracing. Untuk jembatan gelagar I dengan bentang yang lebih panjang, maka harus diadakan penambahan jumlah gelagar yang berakibat semakin sempitnya ruang kerja diantara gelagar yang satu dengan lainnya.

Perbedaan terbesar dari hasil penerapan RSNi T-02 2005 dan SNI 1725 2016 terletak pada beban angin, beban gempa dan kombinasi pembebanan. Beban angin dan beban gempa merupakan pengaruh lingkungan yang tingkat kejadiannya mengandung unsur probabilitas dengan kemungkinan terburuk. Sehingga dengan pembaharuan standar pembebanan pada SNI 1725 2016 akan memberikan tingkat keamanan yang lebih memadai lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Standardisasi Nasional. (2004). Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, SNI T-12-2004.
- [2]. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3]. Badan Standardisasi Nasional. (2005). Perencanaan Pembebanan untuk Jembatan, SNI T- 02-2005.
- [4]. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5]. Badan Standardisasi Nasional. (2004). Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jembatan dan Jalan Pedoman T-07-2005. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6]. UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu-lintas dan Angkutan Jalan Raya.
- [7]. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor :19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.
- [8]. Standar Pembebanan SNI 1725-2016. Badan Standar Nasional, SNI 1725 2016: Standar Pembebanan Untuk Jembatan. Jakarta, 2016.
- [9]. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan, Nomor : 031/T/BM/1999 dan SK. Nomor : 76/KPTS/Db/1999.
- [10]. Perencanaan Teknik Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta, 2010.

Cahya Witriyatna" Analisis Perbandingan modul Jembatan Gelagar Idan Gelagar Box Baja Sebagai Fungsi Jembatan Jalan Raya" International Journal of Business and Management Invention (IJBMI), vol. 08, no. 01, 2019, pp 25-33