

Studi Perbandingan Kinerja Sistem Jembatan Integral Dengan Jembatan Konvensional Pada berbagai Variasi Bentang

Raditya Dhaneswara, Hidajat Sugihardjo, dan Putu Tantri Kumalasari

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: hidayat@ce.its.ac.id dan tantri@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Jembatan integral merupakan jembatan yang dibuat tanpa adanya pergerakan antar bentang (spans) atau antara bentang dengan abutmen. Permukaan jalan dibuat menerus dari timbunan oprit yang satu dengan timbunan oprit yang lainnya. Jembatan integral dimaksudkan untuk menghindari permasalahan perawatan jembatan yang sangat mahal yang dikarenakan adanya air yang masuk melalui celah pergerakan joint, dapat meningkatkan kenyamanan pengendara jalan, dan mudah pelaksanaannya di lapangan.

Dalam tugas akhir ini, peraturan yang digunakan adalah SNI T-02-2005 dan Integral Abutment Bridge Design Guidelines by Vtrans, IAC. Hasil dari studi ini antara lain berupa perbandingan kinerja struktur seperti susut dan rangkai, defleksi dan penurunan struktur antara sistem jembatan integral dengan sistem jembatan konvensional dengan variasi bentang 10 m, 12 m, 14 m, dan 16 m. Sehingga hasil dari studi ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut dan menjadi usulan bagi perencana untuk pengaplikasian jembatan integral di Indonesia.

Dari hasil analisa menggunakan SAP2000 diketahui bahwa perbandingan defleksi balok girder jembatan konvensional selalu lebih besar dari jembatan integral. Hal ini menunjukkan bahwa sistem struktur jembatan integral mengakibatkan gaya yang diterima oleh girder terdistribusi ke abutmennya. Berbeda dengan sistem struktur jembatan konvensional yang balok girdernya tertumpu statis tertentu menyebabkan beban yang bekerja secara keseluruhan diterima oleh balok girder sehingga defleksi yang terjadi lebih besar.

Selain defleksi, perbedaan kinerja jembatan konvensional dengan jembatan integral dianalisa dari konfigurasi tulangannya. Balok girder jembatan konvensional membutuhkan konfigurasi tulangan yang lebih banyak daripada jembatan integral terutama pada konfigurasi tulangan utama pada daerah lapangan.

Perbedaan nilai defleksi dan jumlah konfigurasi tulangan semakin besar seiring dengan semakin panjangnya bentang balok. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar bentang jembatan, semakin besar pula gaya yang akan diterima oleh struktur girder.

Kata kunci: *jembatan integral, jembatan konvensional, beton balok-T, expansion joint.*

I. PENDAHULUAN

ada struktur jembatan dengan menggunakan *simple beam* Ppada umumnya terdapat siar muai (*expansion joint*) yang berfungsi sebagai sambungan permukaan jalan dengan timbunan oprit dan celah (dilatasi) antara struktur bangunan atas dan bangunan bawah. Apabila pemeliharaan jembatan tidak dilakukan dengan baik, sering kali timbul kerusakan pada bagian jembatan, seperti keretakan di sekitar siar muai dan kerusakan akan terjadi pada bagian tumpuan jembatan (*bearing pad*).

Permasalahan – permasalahan yang timbul pada akhirnya berpengaruh pada keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jembatan, sulitnya metode perbaikan jembatan, serta tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk biaya perawatan dan perbaikan jembatan. Oleh karena itu perlu studi terhadap konstruksi jembatan yang terintegrasi antara bangunan atas dan bangunan bawah.

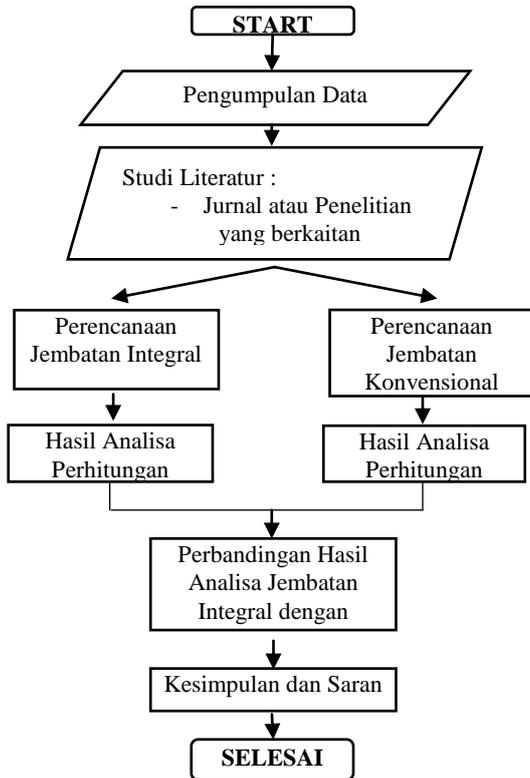
Jembatan integral adalah jembatan yang dibuat tanpa adanya pergerakan antar bentang (*spans*) atau antar bentang dengan abutment (Direktorat Jenderal Bina Marga Dep. PU, 2007). Permukaan jalan dibuat menerus dari timbunan oprit yang satu dengan timbunan oprit yang lainnya. Jembatan integral sudah banyak diaplikasikan di Amerika Serikat, dikarenakan rendahnya biaya yang dikeluarkan untuk konstruksi dan perawatan (Huang; Shield; French, 2008).

Setiati (2010) telah melakukan kajian terhadap perencanaan jembatan integral, sehingga pengembangan teknologi tepat guna untuk jembatan integral yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia telah dilakukan. Perhitungan yang perlu dilakukan dalam perencanaan jembatan integral ialah perhitungan distribusi dari beban, karena bangunan atas jembatan, pilar, abutment, timbunan oprit, dan pondasi harus diperhitungkan sebagai sistem satu kesatuan.

Atas dasar kajian tersebut, pada tugas akhir ini dilakukan studi perbandingan kinerja sistem jembatan integral dengan jembatan konvensional pada variasi panjang bentang 10 m, 12 m, 14 m, dan 16 m. Sehingga nantinya studi ini dapat dijadikan usulan acuan standar jembatan integral di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian disajikan dalam *flowchart* secara umum pengerjaan tugas akhir Perbandingan Jembatan Integral dengan Jembatan Konvensional.



Gambar 2.1 Bagan alir metodologi perbandingan jembatan integral dan jembatan konvensional

III. JEMBATAN KONVENSIONAL DAN JEMBATAN INTEGRAL

A. Data Desain Jembatan

a). Data umum

Lebar Jembatan (B)	: 9 m
Lebar Jalan (B ₁)	: 7 m
Lebar Trotoar (B ₂)	: 1 m
Jarak Antara Girder (s)	: 1,75 m
Tebal Pelat Lantai (ts)	: 0,2 m
Tebal Lapisan Aspal (t _a)	: 0,1 m

b). Material

Mutu Beton (f'c)	: 25 MPa
Berat Jenis Beton	: 24 kN/m ³
Mutu Baja Tulangan (fy)	: 400 MPa
Berat Jenis Aspal	: 22 kN/m ³
E Beton	: 2,5 x 10 ⁴ MPa
E Baja	: 2 x 10 ⁵ Mpa

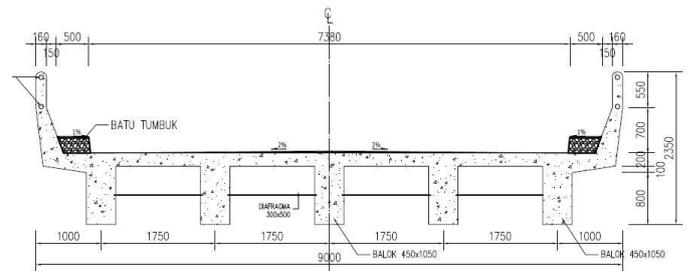
c). Lokasi Jembatan

Zona Gempa	: 4
Kondisi Tanah (Keras)	: Tanah Baik

3.1 Dimensi Jembatan Bentang 16 m

Tinggi Girder (h)	: 1,1 m
Tebal Balok (tanpa pelat)	: 0,9 m
Lebar Balok (b)	: 0,45 m
Tinggi Diafragma (hd)	: 0,6 m
Lebar Diafragma (bd)	: 0,3 m
Jumlah Balok Diafragma	: 5 buah

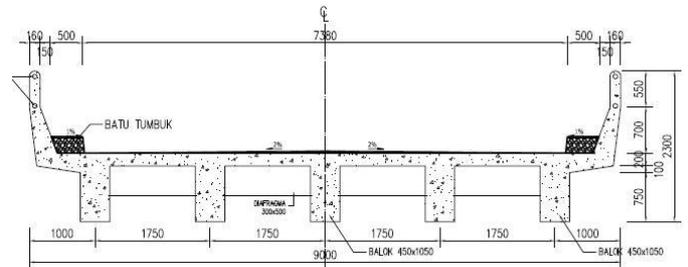
Jarak Antara Balok Diafragma : 4 m



Gambar 3.1 Desain Jembatan Bentang 16 m

3.2 Dimensi Jembatan Bentang 14 m

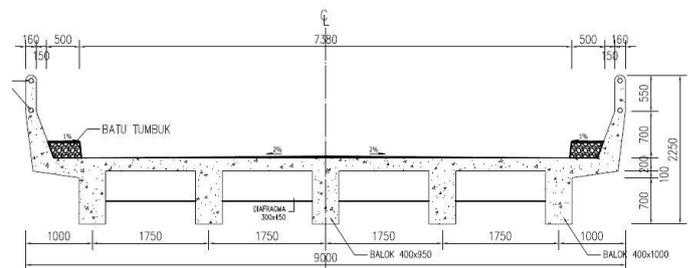
Tinggi Girder (h)	: 1,05 m
Tebal Balok (tanpa pelat)	: 0,85 m
Lebar Balok (b)	: 0,45 m
Tinggi Diafragma (hd)	: 0,5 m
Lebar Diafragma (bd)	: 0,3 m
Jumlah Balok Diafragma	: 5 buah
Jarak Antara Balok Diafragma	: 3,5 m



Gambar 3.2 Desain Jembatan Bentang 14 m

3.3 Dimensi Jembatan Bentang 12 m

Tinggi Girder (h)	: 1,0 m
Tebal Balok (tanpa pelat)	: 0,8 m
Lebar Balok (b)	: 0,4 m
Tinggi Diafragma (hd)	: 0,45 m
Lebar Diafragma (bd)	: 0,3 m
Jumlah Balok Diafragma	: 5 buah
Jarak Antara Balok Diafragma	: 3 m

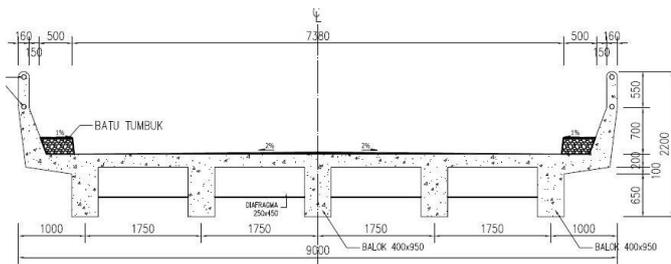


Gambar 3.3 Desain Jembatan Bentang 12 m

3.4 Dimensi Jembatan Bentang 10 m

Tinggi Girder (h)	: 0,95 m
Tebal Balok (tanpa pelat)	: 0,75 m
Lebar Balok (b)	: 0,4 m
Tinggi Diafragma (hd)	: 0,45 m
Lebar Diafragma (bd)	: 0,25 m

Jumlah Balok Diafragma : 5 buah
 Jarak Antara Balok Diafragma : 2,5 m



Gambar 4.4 Desain Jembatan Bentang 10 m

B. Perhitungan Pembebanan Girder

Pada perhitungan pembebanan untuk girder jembatan, dilakukan perhitungan untuk bentang terbesar dalam studi ini yaitu bentang 16 m. Pembebanan yang direncanakan dalam studi ini disesuaikan pada RSNI T-02-2005, "Standar Pembebanan Untuk Jembatan". Pembebanan pada girder terdiri dari : Berat Sendiri , Beban Mati Tambahan, Beban Lalu Lintas, Pengaruh Temperatur, Beban Angin, Gaya Rem, Beban Gempa

C. Kombinasi Pembebanan

Dari perhitungan pembebanan di atas diperlukan rekapitulasi beban untuk perhitungan kombinasi beban. Rekapitulasi beban disesuaikan dengan hasil nilai beban yang terjadi. Adapun kombinasi beban yang digunakan, disesuaikan dengan peraturan RSNI T-02-2005.

Rekapitulasi pembebanan tersebut tertera pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rekapitulasi Pembebanan pada Girder

No.	Jenis Beban	Kode	Gaya Geser	Gaya Momen
			v (kN)	M (kNm)
1	Berat Sendiri	MS	157,5 6	630,24
2	Beban Mati Tambahan	MA	44,8	179,2
3	Beban Lajur (D)	TD	181,7 4	949,90
4	Beban Angin	EW	5,92	23,70
5	Beban Temperatur	ET	0,21	3,30
6	Beban Rem	TR	2,350	21,354
7	Beban Gempa	EQ	20,23 6	80,944

D. Perhitungan Penulangan Balok Girder

a) Penulangan Lentur :

Data-data :

Lebar Ffektif Sayap (bf) = 1750 mm
 Lebar Badan Girder (bw) = 450 mm
 Tinggi Girder (h) = 1100 mm
 Tebal Slab (ts) = 200 mm

Jarak Antar Girder = 1750 mm
 $f'c$ = 25 MPa
 f_y = 400 MPa
 Selimut Beton = 40 mm
 \varnothing tulangan lentur = 32 mm
 \varnothing tulangan geser = 13 mm

d' = tinggi balok – tebal selimut – \varnothing geser – $\frac{1}{2}$ (\varnothing lentur)

$$d' = 1100 - 40 - 13 - \frac{1}{2} (32)$$

$$d' = 1028 \text{ mm}$$

Faktor $\beta_1 = 0,85$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{400} \times \frac{600}{(600 + 300)} \\ &= 0,02709 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,02709 = 0,02032$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\varnothing} = \frac{2958,37}{0,8} = 3697,959 \text{ kNm} \\ &= 3697959280 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3697959280}{450 \times 1028^2} = 7,776 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 7,04999}{0,85 \times 25}} \right) = 0,029745 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,02032$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Perlu (As perlu)} &= \rho_{\text{pakai}} \times b_w \times d \\ &= 0,02032 \times 450 \times 1028 \\ &= 9400,176 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

\varnothing tulangan pakai = 32 mm

$$\text{Luas Tulangan Lentur (As}_1) = \frac{1}{4} \pi \times D^2 = 804,247 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan yang diperlukan (n)} = \frac{9400,176}{804,247} = 11,6 \approx 12$$

$$\text{As pakai (As}_1 \times n) = 804,247 \times 12 = 9650,97 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tiap Baris = 5 buah

$$\begin{aligned} \text{Jarak Bersih Antara Tulangan (S)} \\ S &= \frac{b_w - (2 \times \text{selimut beton} - 2 \times d_{\text{sengkang}} - n \cdot D_{\text{Tulangan}})}{(n-1)} \end{aligned}$$

$$S = \frac{450 - (2 \times 40 - 2 \times 16 - 5 \times 32)}{(5-1)} = 44,5 \text{ mm}$$

Jarak bersih 44,5 mm > 40 mm (RSNI T-12-2004, 5.1.1.7)

Tulangan Tekan digunakan untuk menjamin agar girder bersifat daktail, maka tulangan tekan akan diambil 50% dari tulangan Tarik.

$$As' = 50\% \cdot As \\ = 50\% \cdot 9650,97 = 4825,48 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan 6D 32

b) Analisa Balok T

Terdapat dua jenis balok T, berdasarkan posisi garis netral :

- Balok T asli, $a > hf$
- Balok T palsu, $a < hf$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot d} \\ a = \frac{9650,97 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 1750} = 103,81 \text{ mm} < hf = 200 \text{ mm}$$

Tergolong T palsu

$$a_b = \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right) d \\ = 0,85 \left(\frac{600}{600 + 300} \right) 1028 = 524,28 \text{ mm} > a$$

Maka, penampang termasuk sebagai balok T palsu dengan keruntuhan Tarik (*under reinforced*)

Momen Nominal Balok :

$$Mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = 9650,97 \cdot 400 \left(1028 - \frac{103,81}{2} \right) \\ = 37681088 \text{ Nmm} = 3768,11 \text{ kNm} \\ Mu = 2319,57 \text{ kNm}$$

$$Mu \leq \phi Mn$$

$$2319,57 \text{ kNm} \leq 0,8 \cdot 3768,11$$

$$2319,57 \text{ kNm} \leq 3014,49 \text{ kNm (OK)}$$

Maka, penampang dan tulangan mampu menahan momen lentur

c) Penulangan Geser

Gaya Geser Ultimit	= 663,14 kN
Faktor Reduksi Geser	= 0,7
Ø tulangan geser	= 13 mm
Lebar Badan Girder (bw)	= 450 mm
Tinggi Badan (d')	= 1028 mm

Kuat Geser Nominal Beton :

$$Vc = \frac{\sqrt{fc} \cdot bw \cdot d}{6} \\ = \frac{\sqrt{25} \cdot 450 \cdot 1028}{6} = 385500 \text{ N} = 385,5 \text{ kN}$$

Kebutuhan Geser, Vs :

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc \\ = \frac{663,14}{0,7} - 385,5 = 518,98 \text{ kN} \\ Vs \text{ maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{fc} \cdot bw \cdot d \\ = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 450 \cdot 1028 = 1542 \text{ kN}$$

$$Vs < Vs \text{ maks (OK)}$$

Digunakan Tulangan Geser (Senggang) 2D13 (As = 265,46 mm²)

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 1028}{518,98 \cdot 1000} = 210,33 \text{ mm} \\ S_{\text{maks}} = \frac{1028}{2} = 514 \text{ mm}$$

Dipakai Tulangan Geser (Senggang) 2D13-200

E. Kontrol Defleksi

Nilai defleksi atau lendutan dilihat pada tengah bentang jembatan. Dari beberapa kondisi didapatkan nilai defleksi maksimum akibat beban hidup yang bekerja.

Inersia Bruto,

$$I_g = 0,085298 \text{ m}^4$$

Modulus Keruntuhan Lentur,

$$fr = 0,62 \sqrt{fc} = 0,62 \sqrt{25} = 3,1 \text{ MPa}$$

nilai perbandingan modulus elastis = $Es/Ec = 8,5$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton :

$$c = \frac{n \cdot As}{bw} = \frac{8,5 \cdot 9650,97}{450} = 182,254 \text{ mm}$$

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton sebagai berikut :

$$I_{cr} = \left(\frac{1}{3} \cdot bw \cdot c^3 \right) + [n \cdot As (d - c)^2]$$

$$I_{cr} = 59625285217,1 \text{ mm}^4$$

$$Y_t = h/2 = 550 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = fr \cdot I_g / y_t = 480770775,63 \text{ Nmm} \\ = 480,77 \text{ kNm}$$

Momen maksimum akibat beban,

$$M_a = 1888,63 \text{ kNm} = 1888636442 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_{cr}$$

$$I_e = 60048773669 \text{ mm}^4$$

Rumus Perhitungan Lendutan :

$$\delta \text{ untuk beban terbagi rata} = \frac{5}{384} \cdot Q \cdot L^4 / (Ec \cdot I_e)$$

$$\delta \text{ untuk beban terpusat} = \frac{1}{48} \cdot P \cdot L^3 / (Ec \cdot I_e)$$

Lendutan akibat beban lajur D

$$\delta_{TD} = 1/48 \cdot PTD \cdot L^3 / (Ec \cdot I_e) + 5/384 \cdot QTD \cdot L^4 / (Ec \cdot I_e) \\ = 0,06367 \text{ m} \\ = 16,26 \text{ mm}$$

$$\delta \text{ ijin} = L/800 = 16000/800 \\ = 20 \text{ mm}$$

Karena $\delta_{TD} = 16,26 \text{ mm} < \delta \text{ ijin} = 20 \text{ mm}$

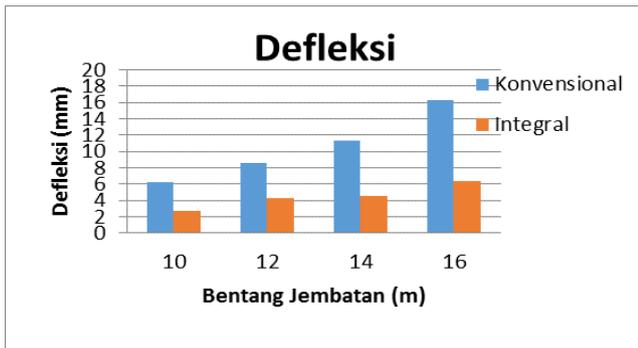
sehingga struktur dianggap aman.

IV. PERBANDINGAN HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisa dinamik dengan program SAP 2000 didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Defleksi (lendutan) Balok Girder

Dari desain dan analisa perhitungan perencanaan balok girder jembatan konvensional, dan perhitungan program SAP2000 untuk jembatan integral didapatkan beberapa nilai defleksi balok girder sesuai dengan variasi bentang jembatan. Perbandingan antara nilai defleksi maksimum balok girder jembatan konvensional dan jembatan integral dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Perbandingan defleksi girder

Dari gambar 4.1 menunjukkan perbandingan defleksi balok girder antara jembatan konvensional dan jembatan integral, dimana bisa dilihat bahwa nilai defleksi balok girder jembatan konvensional selalu lebih besar dari jembatan integral. Hal ini menunjukkan bahwa sistem struktur jembatan integral mengakibatkan gaya yang diterima oleh girder terdistribusi ke abutmennya. Bedanya dengan sistem struktur jembatan konvensional dimana balok girder tertumpu statis tertentu sehingga beban yang bekerja secara keseluruhan diterima oleh balok girder sehingga defleksi yang terjadi lebih besar nilainya.

Dapat dilihat juga untuk perbandingan antar variasi bentang jembatan, didapatkan nilai defleksi balok girder yang semakin besar jika bentang jembatan juga semakin besar. Hal ini berlaku di semua sistem jembatan yang dibandingkan. Ini menunjukkan bahwa semakin besar bentang jembatan berarti semakin besar beban yang bekerja sehingga nilai defleksi juga semakin besar.

b. Konfigurasi Penulangan

Dari analisa perhitungan yang dilakukan didapatkan konfigurasi penulangan elemen struktur jembatan sebagai berikut;

Tabel 4.1 Konfigurasi penulangan Girder Jembatan Konvensional

Bentang	Jembatan Konvensional					
	Tulangan Utama				Tulangan Geser	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
Atas	Bawah	Atas	Bawah			
10	4D32	7D32	4D32	7D32	2D13-200	2D13-200
12	5D32	10D32	5D32	10D32	2D13-200	2D13-200
14	6D32	12D32	6D32	12D32	2D13-150	2D13-150
16	6D32	12D32	6D32	12D32	2D13-150	2D13-150

Tabel 4.2 Konfigurasi penulangan Girder Jembatan Integral

Bentang (m)	Jembatan Integral					
	Tulangan Utama				Tulangan Geser	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
Atas	Bawah	Atas	Bawah			
10	4D32	2D32	3D32	6D32	2D13-300	2D13-350
12	5D32	3D32	4D32	7D32	2D13-250	2D13-300
14	6D32	3D32	5D32	9D32	2D13-200	2D13-300
16	8D32	4D32	5D32	10D32	2D13-200	2D13-300

Dari tabel 6.1 dan 6.2 dapat dilihat bahwa balok girder jembatan konvensional membutuhkan konfigurasi tulangan yang lebih besar dari jembatan integral. Terutama pada konfigurasi tulangan utama pada lapangan. Terlihat bahwa ada pengurangan jumlah tulangan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan yang cukup jelas terlihat pada jembatan integral adalah konfigurasi penulangan pada tengah bentang (lapangan). Dapat dilihat juga bahwa semakin besar bentang jembatan semakin banyak pula konfigurasi penulangan yang dibutuhkan, baik di tumpuan maupun di lapangan. Hal ini menunjukkan semakin besarnya bentang jembatan berpengaruh pada gaya yang akan diterima struktur girder semakin besar pula.

Tabel 4.3 Volume penulangan Girder Jembatan Konvensional

Bentang (m)	Volume (kg)				TOTAL (kg)
	Tulangan Longitudinal		Tulangan Geser		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
10	694,47	694,47	36,47	72,93	1498,34
12	1136,40	1136,40	45,33	90,65	2408,78
14	1590,96	1590,96	72,93	145,88	3400,74
16	1818,24	1818,24	86,14	172,27	3894,89

Tabel 4.4 Volume penulangan Girder Jembatan Integral

Bentang (m)	Volume (kg)				TOTAL (kg)
	Tulangan Longitudinal		Tulangan Geser		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
10	378,80	568,20	24,31	252,53	1223,85
12	606,08	833,36	36,26	366,17	1841,87
14	795,48	1237,42	54,70	441,93	2529,53
16	1212,17	1515,20	64,60	521,90	3313,86

Dari tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat volume penulangan balok girder antara jembatan konvensional dan integral, dimana ditunjukkan bahwa volume penulangan jembatan konvensional lebih besar dari jembatan integral. Hal ini menunjukkan bahwa sistem struktur jembatan integral mendistribusikan gaya dari girder ke abutmen sehingga adanya pengurangan volume penulangan yang cukup signifikan.

Dapat dilihat juga semakin besar bentang jembatan semakin besar pula volume penulangan yang dibutuhkan. Hal ini menunjukkan semakin besarnya gaya yang terjadi sehingga dibutuhkan konfigurasi penulangan yang lebih besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Defleksi balok girder yang terjadi pada jembatan integral lebih kecil dari jembatan konvensional, karena pada jembatan integral balok girder telah menyatu dengan abutmen sehingga mengurangi nilai defleksinya.

- Semua nilai defleksi pada setiap bentang jembatan dan kedua sistem struktur jembatan masih dibawah nilai defleksi ijin, walaupun menunjukkan semakin besar defleksi yang terjadi ketika semakin besar bentang jembatan.
- Pada jembatan integral terjadi pengurangan volume konfigurasi tulangan yang dibutuhkan pada balok girder dibandingkan dengan pada jembatan konvensional. Pengurangan yang terjadi pada bentang 10 m mencapai kurang lebih 10,1%, pada bentang 12 m yaitu 13,3 %, pada bentang 14 m yaitu 14,7%, dan pada bentang 16 m pengurangannya hanya mencapai 8,06%. Hal ini yang menjadi salah satu pembeda utama antara kedua jenis sistem struktur jembatan ini.
- Kontribusi kekakuan tanah oprit cukup signifikan memperkecil defleksi dan volume tulangan pada girder jembatan, apabila diasumsikan sebagai bagian dari sistem struktur jembatan.
- Kinerja jembatan integral menunjukkan sistem struktur yang menyatu dan lebih kaku sehingga gaya yang terjadi pada girder terdistribusi ke abutmen dengan cukup signifikan.

Saran

- Pengaruh tanah oprit perlu diperhitungkan untuk mengetahui respon spectrum yang lebih akurat dan kompetibel.
- Desain struktur jembatan dapat dimodifikasi sesuai dengan kondisi sebenarnya.
- Desain struktur jembatan disesuaikan dengan kondisi tanah dasar sebenarnya sesuai kondisi lapangan.
- Wilayah gempa rencana dapat disesuaikan dengan kondisi wilayah jembatan sebenarnya.
- Untuk analisa seismik bisa menggunakan riwayat gempa (time history).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abendroth, Robert E. et. al. 1989. Abutment Pile Design for Jointless Bridges. Journal of Structural Engineering. 115(11):2914-2929 ;Saran, S., Reddy, R.K. dan Viladkar, M.N. 1985. Prediction of Displacement of Retaining Wall Under dynamic Conditions, Bull
- [2] AASHTO (2012). LRFD Bridge Design Specification 6th Edition, American ;
- [3] Arockiasamy, M. , Butrieng, Narongrit, and Sivakumar, M. .2004. "State-of-the-Art of Integral Abutment Bridges: Design and Practice". ASCE Journal 9:497-506 ;
- [4] Direktorat Jenderal Bina Marga, Departmen Pekerjaan Umum. 2008. Manual Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan.
- [5] England, George L. 2000. Integral Bridges: a fundamental approach to the time-temperature loading problem. London: Thomas Telford
- [6] Emerson, Mary. 1976. Extreme values of Bridge temperatures for design Purposes. Berkshire: TRRL

- [7] Setiati, N. Retno. 2010. Kajian Perencanaan Jembatan Integral ;
- [8] RSNI T-12-2004 : Peraturan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. BSN ;
- [9] SNI-T-02-2005 : Peraturan Pembebanan Jembatan. BSN ;
- [10] Vtrans, Integral Abutment Committee. 2009. Integral Abutment Bridge Design Guidelines Second Edition