

EVALUASI KINERJA STRUKTUR JEMBATAN TYPE VOIDED SLAB

Andi Indianto⁽¹⁾, Asep Hilmansyah⁽²⁾

¹Dosen Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, email : andipoltek@gmail.com

²Kaseksi Standar, Direktorat jembatan, Kementerian PUPR – Jakarta, email : aseph2000@yahoo.com

ABSTRAK

Makalah ini memaparkan hasil penelitian kinerja struktur jembatan tipe voided slab. Penelitian ini dilakukan oleh adanya masalah terkelupasnya lapisan permukaan dan terbentuknya alur memanjang di permukaan lantai jembatan tipe *voided slab*. Tujuannya untuk mengevaluasi kinerja standar jembatan tipe *pre-tensioned precast concrete voided slab* bentang 16 m, dengan tinjauan beban sesuai SNI 1725:2016 dan beban aktual. Dalam evaluasi ini dilakukan uji lendutan terhadap struktur jembatan *voided slab*, untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada struktur yang elemennya menyatu dan yang terpisah. Pendekatan teoritis dilakukan untuk mengetahui kinerja struktur terhadap beban aktual dan beban standar sesuai dengan SNI.1725:2016. Hasil uji menunjukkan bahwa jembatan voided slab yang lapisan permukaan lantainya terbentuk alur memanjang, terindikasi antar elemennya tidak menyatu, perbedaan lendutan antar elemen sebesar 8,9 mm, dan terdiskripsi tidak layak. Bagian lapisan permukaan lantai jembatan yang tidak terbentuk alur memanjang, terindikasi antar elemen masih menyatu, perbedaan lendutannya sebesar 0,76 mm, dan terdiskripsi layak. Hasil uji di lapangan juga menunjukkan bahwa bagian elemen *voided slab* yang tidak menyatu, terindikasi tidak layak menerima beban aktual, dengan lendutan sebesar 13,34 mm, lebih besar dari lendutan izin sebesar 7 mm, dan bagian elemen *voided slab* yang menyatu, terindikasi layak menerima beban aktual, dengan lendutan sebesar 5,79 mm, lebih kecil dari lendutan izin sebesar 7 mm. Hasil analisa teoritis menunjukkan bahwa struktur *voided slab* yang elemennya tidak menyatu, tidak layak menerima beban standar, dan struktur yang antar elemennya menyatu, dalam kondisi layak menerima beban standar. Kesimpulan pada evaluasi ini adalah struktur *voided slab* dapat berkinerja baik (layak dan layak) jika antar elemennya menyatu. Agar tetap menyatu, disarankan untuk dilakukan perubahan tipe ikatan antar elemen *voided slab* yang dapat memberikan jaminan ikatan selama umur rencana jembatan.

Kata kunci: *Voided slab*, menyatu, layak, layak.

ABSTRACT

This paper presents the results of research on "the performance of the bridge structure voided slab type". The research on the performance of the bridge structure type voided slab was carried out due to the problem of peeling off the surface layer and the formation of a longitudinal groove on the deck surface voided slab type. This research was conducted with the purpose of evaluating the performance standard of pre-tensioned precast concrete type voided slab bridge 16 m span, with load reviews according to SNI 1725: 2016 loading regulations and actual loads. This research is to find out the deflection that occurs in structures with unified and separate elements. The test results show that the bridge's voided slab with the surface layer of the floor forming an elongated groove, indicating that the joint is not integrated, the deflection difference is 8.9 mm, and it is not feasible. Parts of the bridge floor surface layer which do not form longitudinal grooves, indicating integrated, the deflection difference is 0.76 m, and it is feasible. Test results also show that parts of the voided slab element are not integrated, indicating that can not accept the actual load, the deflection is 13.34 mm, bigger than service deflection of 7 mm, and the integrated part of the voided slab element indicate that it is serviceable to receive actual load, the deflection is 5.79 mm, smaller than service deflection of 7 mm. The results give a description that the voided slab structure whose elements are not integrated, not serviceable accepts the life load, and structures are integrated between elements, in conditions serviceable to standard loads. It can be concluded that voided slab structures can perform well (feasible and serviceable) if the elements are integrated. In order to stay integrated, it is recommended to change the type of bond between voided slab elements, which can provide bond guarantees for the life of the bridge plan.

Keywords: *Voided slab*, integrated, feasible, serviceable

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu produk beton pra-cetak untuk jembatan ber-bentang pendek yang banyak digunakan adalah Voided Slab. Struktur Jembatan Precast Voided Slab diproduksi dengan bentang 5 m sampai dengan 16 m. Struktur Jembatan Precast Voided Slab digunakan dengan pertimbangan cepat dan mudah pelaksanaannya. Di sisi lain type voided slab sudah di standarisasikan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR, untuk bentang 5 sampai dengan 16 m. dengan BM 100. Standar voided slab yang ada, dibuat pada tahun 1980, masih menggunakan peraturan pembebanan sebelum PPJR 1987 (Peraturan muatan untuk jembatan jalan raya No. 12 / 1970.) , sehingga diperlukan updating standard struktur jembatan type pre-tensioned precast concrete voided slab sehubungan dengan telah diterbitkannya SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan. Masalah yang muncul pada jenis jembatan voided slab adalah terkelupasnya sebagian lapisan permukaan lantai jembatan dan terbentuknya alur memanjang di permukaan lantai jembatan, yang dapat membahayakan pengendara kendaraan roda dua.



Gambar 1. Elemen struktur voided slab yang tidak menyatu

1.2 Tujuan

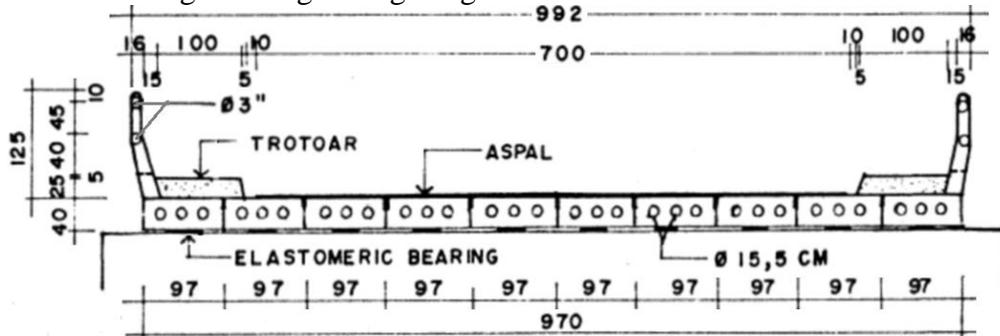
- a. Mengevaluasi kinerja struktur (kelayakan dan kelayanan) jembatan type pre-tensioned precast concrete voided slab bentang 16 m, dengan tinjauan beban sesuai peraturan pembebanan SNI 1725:2016 dan beban aktual maksimum yang mungkin terjadi di lapangan.
- b. Memberikan saran penanganan terhadap kegagalan ikatan antara segmen voided slab.

1.3 Tinjauan Pustaka

a. Struktur Jembatan Voided Slab

Struktur jembatan voided slab adalah struktur yang tersusun dari plat-plat pra-cetak dengan penampang berlubang. Lubang-lubang di dalam penampang ini dimaksudkan untuk mengurangi berat sendiri dan efisiensi material. Penulangan di-dalam beton menggunakan system pra-tegang pre-tensioning. Untuk

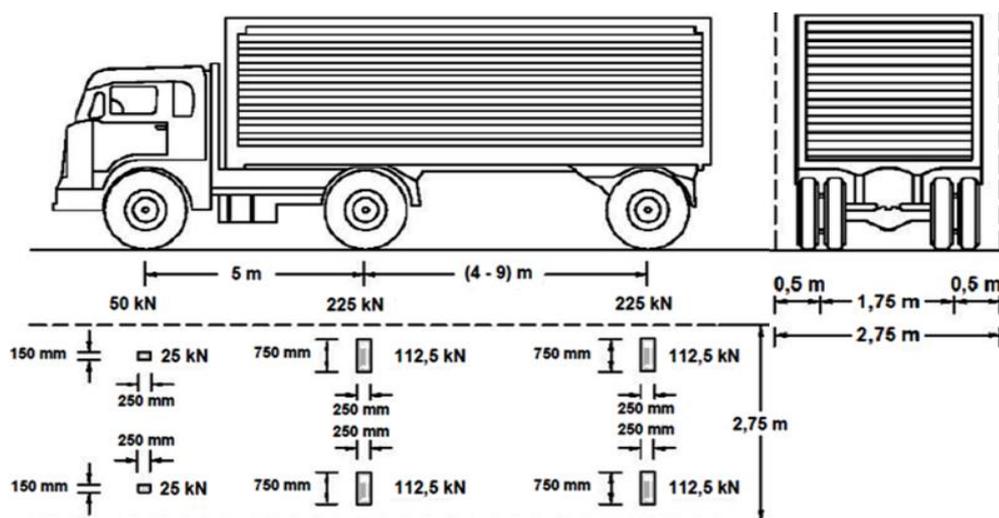
menyatukan antar elemen voided slab digunakan lateral stressing yang berfungsi sebagai diafragma, dan untuk menahan gaya geser yang terjadi antar voided slab sebagai akibat dari beban roda kendaraan yang bekerja pada salah satu elemen voided slab digunakan grouting dengan bahan mortar cement.



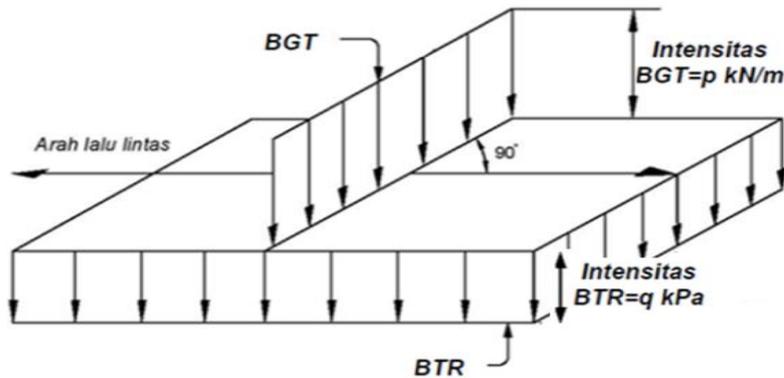
Gambar 2. Penampang jembatan type voided slab (Standard Konstruksi Jembatan Tipe Pretensioned Precast Concrete Voided Slab)

b. Beban Hidup Lalu Lintas

Mengacu kepada SNI 1725:2016, beban hidup lalu lintas untuk peninjauan gelagar adalah rangkaian beban roda kendaraan (T) dan beban D (beban BGT dan BTR), pilih mana yang mempengaruhi. Beban T adalah beban roda truk dengan bidang sentuh seluas (25 x 75) cm². Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D". Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani (L). Jika $L \leq 30$ m : maka $q = 9,0$ kPa, Jika $L > 30$ m : maka $q = 9,0 (0,5 + (15 / L))$ kPa.



Gambar 3. Distribusi beban hidup T

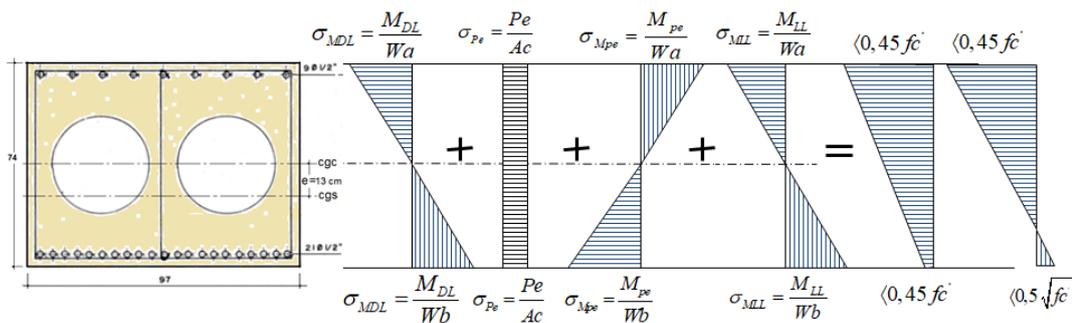


Gambar 4. Distribusi beban D

c. Kontrol tegangan kondisi akhir saat beban hidup bekerja

Tegangan di tengah bentang:

beban yang diperhitungkan : DL Voided slab, Aspal, beban Hidup dan Pe



Gambar 5. Tegangan kondisi akhir saat beban hidup bekerja.

$$\text{Tegangan beton sisi atas: } ft = \frac{M_{DL}}{Wa} + \frac{Pe}{Ac} + \frac{M_{pe}}{Wa} + \frac{M_{LL}}{Wa} \leq 0,45 fc'$$

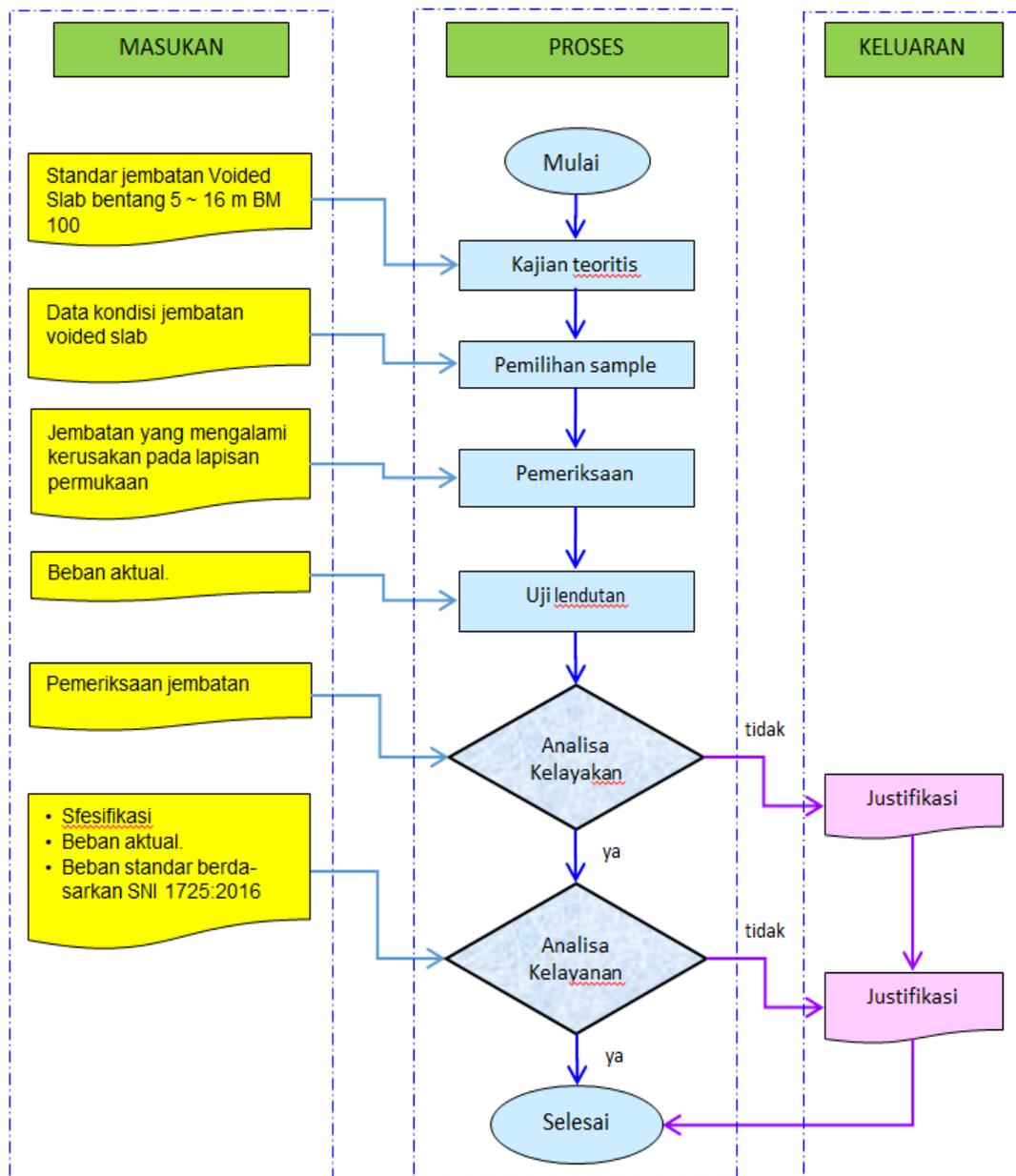
$$\text{Tegangan beton sisi bawah : } fb = \frac{M_{DL}}{Wb} + \frac{Pe}{Ac} + \frac{M_{pe}}{Wb} + \frac{M_{LL}}{Wb} \leq 0,5x\sqrt{fc'}$$

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metoda pengumpulan data.

Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil pengujian dilapangan terhadap struktur voided slab yang lantainya mengalami kerusakan dan yang tidak terjadi kerusakan. Data sekunder yang dikumpulkan adalah: Gambar Standar voided slab, data jembatan voided slab yang mengalami kerusakan, data berat kendaraan yang melewati jembatan, dan ukuran kendaraan standar yang beroperasi di jalan raya yang melewati jembatan.

2.2 Flow chart Kegiatan



Gambar 6. Diagram alir penelitian

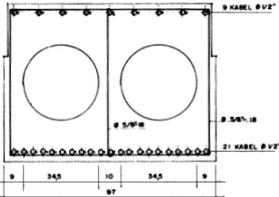
2.3 Analisa data dan Pembahasan

Analisa data dilakukan dengan menjustifikasi kelayakan struktur voided slab yang mengalami kerusakan yang didasarkan pada hasil uji dan pemeriksaan. Analisa data juga dilakukan untuk menentukan kelayakan struktur terhadap beban beban yang bekerja. Analisa kelayakan dilakukan terhadap struktur yang mengalami kerusakan dan yang tidak mengalami kerusakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengumpulan Data Sekunder

Tabel 1. Data jembatan voided slab yang mengalami kerusakan

N O	NAMA JEMBATAN	PENAMPANG STRUKTUR	FOTO	KONDISI
1	Jembatan sungai garam – Kalimantan Barat			Joint antar elemen dalam kondisi terlepas, permukaan lapisan aus dalam kondisi rusak.
2	Jembatan Citarik, Cileunyi - Nagrek			Joint antar elemen disisi tengah dalam kondisi terlepas.

3.2 Hasil Pengumpulan Data Primer

Tabel 2. Pengujian elemen 8-9.

NO	DATA	NO ELEMEN	LENDUTAN (MM)	PERBEDAAN LENDUTAN (MM)	LENDUTAN MAKSIMUM (MM)	PERBEDAAN MAKSIMUM (MM)
1	FILE 4911	8	1,36	1,85		
		9	3,21			
2	File 4914	8	5,62	4,07		
		9	1,55			
3	File 4915	8	4,84	1,15		
		9	5,99			
4	File 4935	8	1,17	4,82		
		9	3,93			
5	File 4938	8	10,38	1,28	13,34	8,9
		9	11,66			
6	File 4926	8	1,89	0,26		
		9	2,15			
7	File 4940	9	13,34	8,9		
		8	4,44			
8	File 4909	8	4,09	0,69		
		9	3,4			
9	File 4903	8	0,85	0,5		
		9	1,35			

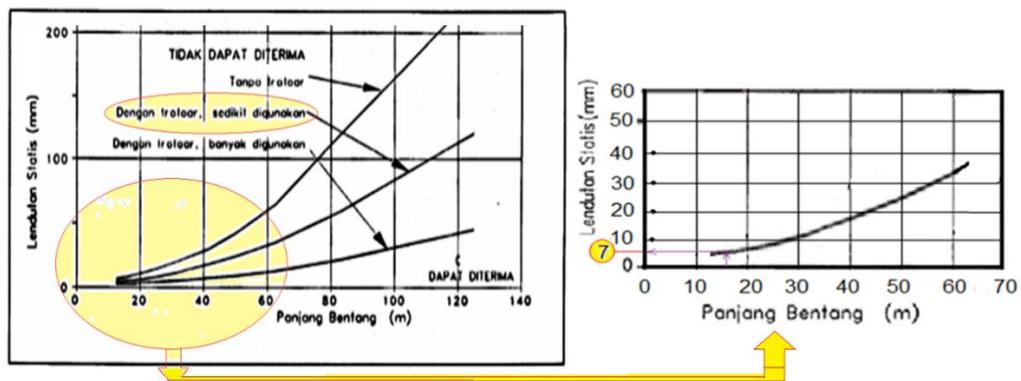
Tabel 3. Pengujian elemen 5-6.

NO	DATA	NO ELEMEN	LENDUTAN (mm)	PERBEDAAN LENDUTAN (mm)	LENDUTAN MAKSIMUM (mm)	PERBEDAAN MAKSIMUM (mm)
1	File 4963	5	2,01	0,76		
		6	2,77			
2	Sanyo 104	5	1,55	0,06		
		6	1,61			
3	Sanyo 117	5	0,39	0,25		
		6	0,64			
4	Sanyo 119	5	1,35	0,67		
		6	2,02			
5	Sanyo 121	5	5,05	0,74	5,79	0,76
		6	5,79			
6	Sanyo 123	5	0,74	0,14		
		6	0,88			
7	Sanyo 126	5	1,08	0,35		
		6	1,43			
8	Sanyo 098	5	0,36	0,07		
		6	0,43			
9	Sanyo 088	5	2,24	0,39		
		6	1,85			

3.3 Pembahasan

a. Justifikasi kelayakan dan kelayakan hasil uji pembebanan

Kelayakan adalah sebutan yang digunakan untuk acuan pelayanan, apabila bangunan mengalami kerusakan atau bangunan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, maka bangunan tersebut dinyatakan tidak layak untuk digunakan. Elemen elemen voided slab dinyatakan layak apabila antar elemen menyatu (tidak terpisah) satu sama lainnya. Bangunan yang tidak mampu menerima beban disebut tidak layak,.Untuk mengetahui kelayakan bangunan di lapangan, dilakukan dengan uji lendutan . Mengacu kepada buku “Panduan Penanganan Preservasi Jembatan”, ISBN 978-602-97229-3-2, halaman 42, salah satu ukuran kelayakan struktur jembatan adalah lendutan akibat beban lalu lintas tidak terlampaui, dan mengacu kepada SNI 1725:2016 halaman 60, lendutan statis akibat getaran pada struktur atas jembatan dengan bentang 16 m, tidak boleh lebih dari 7 mm.



Gambar 7. Diagram lendutan izin

Tabel 4. Justifikasi kelayakan

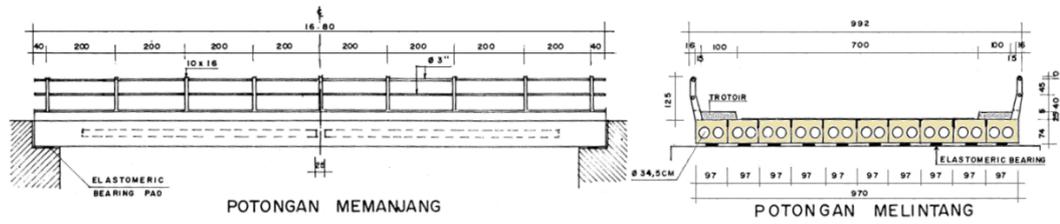
NO	VARIABEL YANG DI TINJAU	NO. ELEMEN	PERBEDAAN LENDUTAN (mm)	DISKRIPSI	JUSTIFIKASI
1	keintegrasian antar elemen voided slab	5-6	0,76 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak terjadi kerusakan ACWC • Terintegrasi 	Layak
		8-9	8,9 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Terjadi kerusakan ACWC • Tidak Terintegrasi. 	Tidak Layak

Tabel 5. Justifikasi kelayakan

NO	VARIABEL YANG DI TINJAU	NO. ELEMEN	BATASAN LENDUTAN (mm)	LENDUTAN HASIL UJI (mm)	DISKRIPSI	JUSTIFIKASI
1	lendutan di tengah bentang oleh beban aktual berjalan	5-6	7	5,79	Struktur terintegrasi, lendutan hasil uji dibawah lendutan yang di ijinan.	Layan
		8-9	7	13,34	Struktur tidak terintegrasi, dan lendutan yang terjadi diatas lendutan yang di ijinan.	Tidak Layan

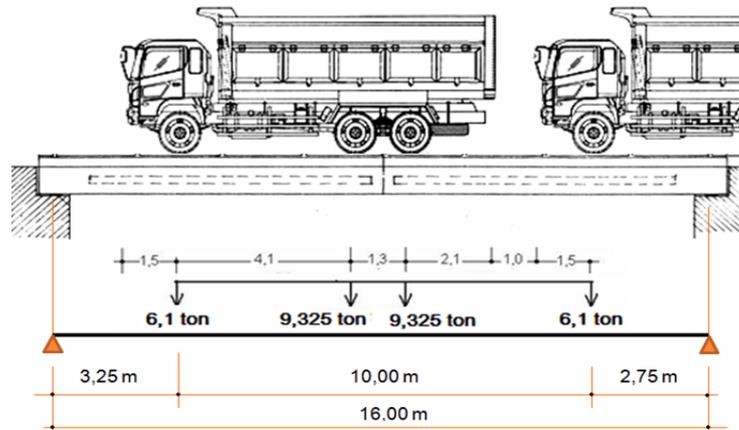
b. Analisa kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan terhadap elemen voided slab yang menyatu dan yang terpisah, dengan tinjauan beban aktual yang mungkin terjadi dan beban standar sesuai dengan SNI 1725:2016.

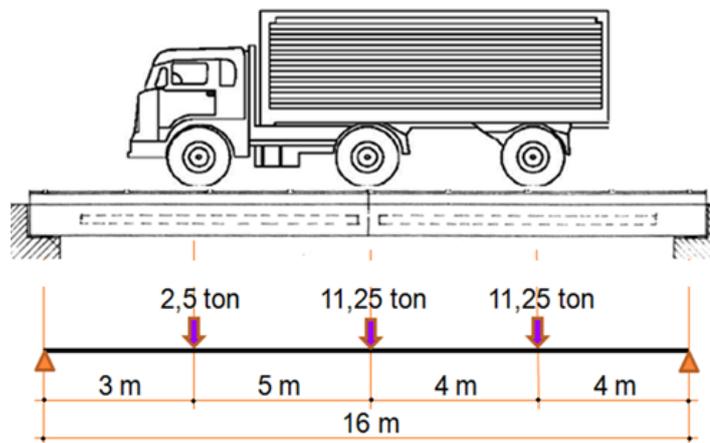


Gambar 8. Struktur voided slab yang dianalisa

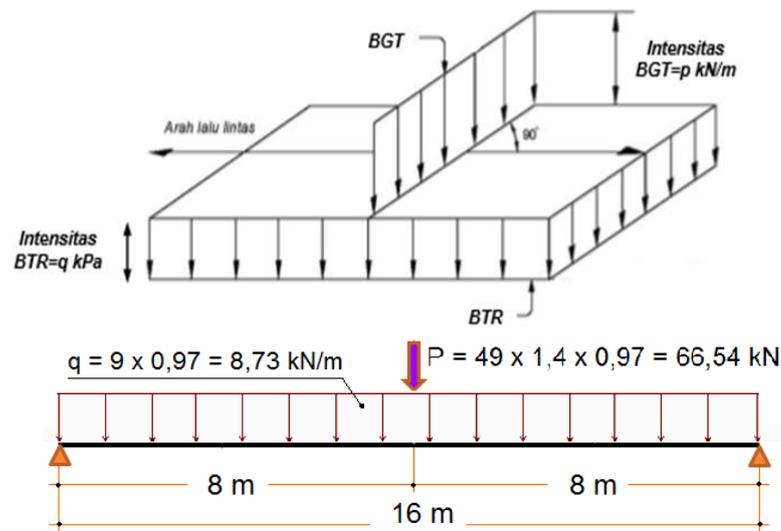
Tinjauan dilakukan dengan pembebanan rangkaian truk (T) dan beban D



Gambar 9. Rangkaian beban truk aktual



Gambar 10. Beban T standar



Gambar 11. Beban D standar

Hasil analisa dituangkan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Analisa kelayanan

NO	KONDISI STRUKTUR	VARIABEL YANG DI TINJAU	BATASAN	HASIL ANALISIS	KESIMPULAN
1	Elemen tidak ter-integrasi, dengan beban truk Aktual	Lendutan akibat LL ditangan bentang	20 mm	36,2 mm	Tidak layan
		Tegangan serat atas	+ 28,5s/d -149 kg/cm ²	-199,9 kg/cm ²	Tidak layan
		Tegangan serat bawah	+ 28,5s/d -149 kg/cm ²	+ 71,18 kg/cm ²	Tidak layan
2	Elemen tidak ter-integrasi, dengan beban truk Standar (T)	Lendutan akibat LL ditangan bentang	20 mm	29,3 mm	Tidak layan
		Tegangan serat atas	+ 28,5 s/d - 149 kg/cm ²	-173,88 kg/cm ²	Tidak layan
		Tegangan serat bawah	+ 28,5s/d - 149 kg/cm ²	+45,16 kg/cm ²	Tidak layan
2	Elemen ter-integrasi, dengan beban Standar BTG dan BTR	Lendutan akibat LL ditangan bentang	20 mm	16,7 mm	Layan
		Tegangan serat atas	+ 28,5 s/d - 149 kg/cm ²	- 128,37 kg/cm ²	Layan
		Tegangan serat bawah	+ 28,5 s/d - 149 kg/cm ²	- 0,35 kg/cm ²	Layan

4. KESIMPULAN

- a) Hasil uji di lapangan menunjukkan bahwa elemen struktur voided slab yang awalnya menyatu, oleh sesuatu sebab dapat menjadi tidak menyatu. Sebagai akibat dari tidak menyatunya elemen-elemen voided slab, maka struktur terindikasi tidak layak, karena adanya kerusakan pada permukaan lantai jembatan, berupa lapisan aspal yang terkelupas dan terbentuknya alur memanjang pada lantai jembatan.
- b) Elemen struktur voided slab yang awalnya menyatu dan oleh sesuatu sebab menjadi tidak menyatu, berdasarkan hasil pengujian dengan pembebanan secara acak menunjukkan lendutan sebesar 13,34 mm, dan lendutan ini di atas lendutan maksimum yang diijinkan sebesar 7 mm, sehingga struktur terdiskripsi tidak layak.
- c) Dari hasil analisa teoritis pada elemen struktur voided slab yang antar elemennya tidak menyatu, menunjukkan bahwa struktur menjadi tidak layak, baik yang dibebani dengan rangkaian beban aktual terbesar yang mungkin terjadi atau yang dibebani dengan beban truck standart sesuai dengan peraturan pembebanan SNI 1725:2016.
- d) Hasil analisa pada elemen voided slab yang antar elemennya menyatu, yang dibebani dengan beban standart sesuai dengan peraturan pembebanan SNI 1725:2016, menunjukkan bahwa struktur dalam kondisi layak.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada semua pihak yang berperan aktif dalam proses penelitian, terutama para ahli jembatan dari Direktorat Jembatan kementerian PUPR, dan para mahasiswa program studi PJJ, jurusan teknik SIPIL, Politeknik Negeri Jakarta.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anoname. 2016. *SNI Pembebanan Untuk Jembatan*, No.SNI.1725:2016. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [2] Anoname. 2004. *SNI Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, No.RSNI T-12-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- [3] Anoname. 2011. *Manual Perencanaan Struktur Beton Prategang Untuk Jembatan*, no. 021/BM/2011. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [4] Anoname. 2011. *Pedoman Pemeriksaan Jembatan*, No.005-01/P/BM/2011. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [5] Anoname. 1980. *Standard Konstruksi Jembatan Type Pretensioned Precast Concrete Voided Slab*, B.P.Pr – 100-Vs. Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [6] Anoname. 1980. *Standard Bangunan Atas jembatan Voided Slab Bentang 16 Meter*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

- [7] Ahamed Noura Ismail. 2017. *Analysis and Design of Voided Slabbridge*. International Journal of Research in Engineering and Technology, eISSN: 2319-1163, pISSN: 2321-7308, Karnataka, India.
- [8] Behairy El. 2018. *Behaviour and analysis of voided concrete slabs*. ETH Zürich.
- [9] Vaza, Herry dkk. 2010. *Panduan Penanganan Preservasi Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.