

Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016

The Loading Standards on Bridges According to SNI 1725 2016

Y. Djoko Setiyarto¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia

Email : y.djoko.setiyarto@email.unikom.ac.id

Abstrak – Sejak dikeluarkannya standar pembebanan untuk jembatan yang terbaru yaitu SNI 1725 2016 maka para perencana jembatan harus mulai menyesuaikan perubahan yang terjadi pada standar tersebut. Tulisan ini memaparkan tentang pembaharuan yang terjadi pada SNI 1725 2016, seperti jenis-jenis beban dan kombinasi pembebanan. Berdasarkan hasil penelitian tentang analisa perhitungan pembebanan untuk jembatan bentang 45 m yang menggunakan SNI 1725 2016 (standar baru), diketahui terjadi perbedaan beban angin dan beban gempa sebesar 30% dan 43% terhadap RSNI T-02 2005 (standar lama).

Kata kunci : SNI 1725 2016, RSNI T-02 2005, standar pembebanan, jenis beban, kombinasi pembebanan

Abstract - Since the issuance of the latest bridge loading standard SNI 1725 2016, bridge planners must begin to adjust the changes that occur to the standard. This paper describes updates on SNI 1725 2016, such as types of load and combination of loading. Based on the result of the research on load calculation analysis for the 45 m span bridge using SNI 1725 2016 (new standard), there is a difference of wind load and earthquake load by 30% and 43% to RSNI T-02 2005 (old standard).

Keywords: SNI 1725 2016, RSNI T-02 2005, loading standard, load type, combination of loading

I. PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur dalam dunia teknik sipil harus diimbangi dengan pemenuhan kebutuhan standarisasi nasional (SNI) yang terkini. Terutama SNI yang efektif dan efisien untuk dapat digunakan semua komunitas secara mudah. Banyak SNI atau *code* telah beredar untuk menggantikan peraturan standarisasi sebelumnya, salah satunya yaitu SNI Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725 2016). SNI ini ditetapkan pada bulan Juni tahun 2016 untuk menggantikan atau merevisi pendahulunya yaitu SNI 03 1725 1989 dengan judul Pembebanan Jembatan Jalan Raya, serta RSNI T-02 2005 berjudul Standar Pembebanan untuk Jembatan.

Sejak dikeluarkannya Surat Edaran dari Direktorat Jenderal Bina Marga dengan No. 05/SE/Db/2017 [1] pada Bulan Juli 2017 yang lalu, maka seluruh kegiatan perencanaan atau desain jembatan wajib menggunakan standar pembebanan sesuai SNI 1725 2016. Tantangan bagi seluruh *engineer* atau desainer jembatan untuk dapat mengaplikasikan standar pembebanan jembatan terbaru ini secara benar dan tepat, mengingat kegiatan utama dalam desain jembatan selalu diawali dengan penentuan beban yang bekerja pada jembatan.

Tulisan berikut ini bertujuan memaparkan sejauh mana perbedaan pembebanan yang terjadi pada SNI 1725 2016 dan RSNI T-02 2005. Penelitian akan meninjau tiap jenis beban yang digunakan dan bagaimana penerapan kombinasi pembebanan yang akan dilakukan. Belum ditemukannya penelitian serupa

tentang SNI 1725 2016, maka tulisan ini akan mengambil tinjauan pustaka beberapa kasus perencanaan jembatan.

II. PERKEMBANGAN STANDARISASI PEMBEBANAN UNTUK JEMBATAN

Direktorat Jenderal Bina Marga telah menetapkan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 pada tahun 1970. Kemudian peraturan ini diangkat menjadi Tata Cara Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SNI 03-1725-1989. Selanjutnya peraturan ini dibahas kembali oleh Tim *Bridge Management System* (BMS) yang menghasilkan modifikasi dalam kaidah-kaidah perencanaan keadaan batas layan (KBL) dan keadaan batas ultimit (KBU). Acuan standar ini bersumber pada *Austroroads* dan menghasilkan Peraturan “Beban Jembatan”, Peraturan Perencanaan Jembatan, Bagian 2, BMS-1992.

Standar “Pembebanan untuk Jembatan 1989” dikaji ulang untuk mengakomodasi pertumbuhan dan perilaku lalu lintas kendaraan berat sehingga muncul RSNI T02-2005 [2] yaitu standar pembebanan untuk jembatan. Beberapa penyesuaian yang terjadi saat itu adalah:

- Faktor beban ultimit dari BMS 1992 direduksi dari nilai 2 menjadi 1.8 untuk beban hidup
- Kapasitas beban hidup keadaan batas ultimit (KBU) dipertahankan sama dengan standara sebelumnya sehingga faktor beban 1.8 menimbulkan kenaikan kapasitas beban hidup

keadaan batas layan (KBL) sebesar $2/1.8 = 11.1\%$.

- c. Beban mati ultimit (KBU) diambil pada tingkat nominal (faktor beban =1) dalam pengecekan stabilitas geser dan guling dari pondasi langsung
- d. Kenaikan beban hidup layan atau nominal (KBL) meliputi:
 - Beban truk "T" dari 45 t menjadi 50 t.
 - Beban roda dari 10 t menjadi 11.25 t.
 - Beban lajur "D" terbagi rata (BTR) dari 8 kPa menjadi 9 kPa.
 - Beban lajur "D" garis terpusat (BGT) dari $p = 44 \text{ kN/m}$ menjadi 49 kN/m .

Seiring dengan waktu, standar tersebut perlu diperbaharui sesuai dengan kondisi terkini. Ada beberapa ketentuan teknis yang disesuaikan antara lain :

- Distribusi beban D dalam arah melintang,
- Faktor distribusi beban truk "T"
- Kombinasi Beban
- Beban Gempa
- Beban Angin
- Beban Fatig

Penyesuaian ketentuan teknis tersebut dapat diikuti dalam peraturan SNI 1725 2016 [3] yang ditetapkan pada bulan Juni tahun 2016, dengan jumlah halaman sebanyak 75 lembar.

III. PEMBAHARUAN DI SNI 1725 2016

Secara garis besar, SNI 1725 2016 mengelompokkan beban menjadi 2 kelompok besar. yaitu beban permanen dan beban transien.

A. Beban Permanen & Beban Transien [2]-[4]

Beban permanen merupakan beban yang bersifat tetap meliputi: beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan, beban mati perkerasan dan utilitas, gaya horisontal akibat tekanan tanah, gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat konstruksi segmental, dan gaya prategang.

Beban transien merupakan beban yang bersifat tidak tetap, terdiri atas: gaya susut/rangkak, gaya rem, gaya sentrifugal, gaya tumbukan kendaraan atau kapal, gaya gempa, gaya friksi, beban lajur "D", beban truk "T", beban pejalan kaki, beban akibat penurunan, gaya akibat temperatur, gaya apung, beban angin, dan beban arus.

Secara ringkas beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Tabel tersebut juga menunjukkan perbedaan jenis beban yang ada pada standar pembebanan yang lama.

Tabel 1. Jenis-jenis Beban Pada Jembatan [2]-[3]

SNI 1725 2016 (baru)		RSNI T-02 2005 (lama)	
Jenis Beban (simbol)	Aksi	Jenis Beban (simbol)	Aksi
Beban mati komponen struktural dan non struktural (MS)	Tetap	Berat Sendiri (P_{MS})	Tetap
beban mati perkerasan dan utilitas (MA)	Tetap	Berat Mati Tambahan (P_{MA})	Tetap
Gaya akibat susut / rangkak (SH)	Transien	Penyusutan dan Rangkak (P_{SR})	Tetap
Prategang (PR)	Tetap	Prategang (P_{PR})	Tetap
gaya horisontal akibat tekanan tanah (TA)	Tetap	Tekanan Tanah (P_{TA})	Tetap
gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan akibat proses pelaksanaan (PL)	Tetap	Beban Pelaksanaan Tetap (P_{PL})	Tetap
Beban Lajur "D" (TD)	Transien	Beban Lajur "D" (T_{TD})	Transien
Beban Truk "T" (TT)	Transien	Beban Truk "T" (T_{TT})	Transien
Gaya Akibat Rem (TB)	Transien	Gaya Rem (T_{TB})	Transien
Gaya Sentrifugal (TR)	Transien	Gaya Sentrifugal (T_{TR})	Transien
Beban Pejalan Kaki (TP)	Transien	Beban Trotoar (T_{TP})	Transien
Gaya tumbukan kendaraan/kapal (TC)(TV)	Transien	Beban Tumbukan (T_{TC})	Transien
Beban akibat penurunan (SE)	Transien	Penurunan (P_{ES})	Tetap
Gaya akibat temperatur gradien (ET) /seragam (EUn)	Transien	Temperatur (T_{ET})	Transien
Beban arus dan hanyutan (EU)	Transien	Aliran/Benda Hanyutan (T_{EF})	Transien
Gaya Apung (EF)	Transien	Hidro/Daya Apung (T_{EU})	Transien
Beban Angin Pada Struktur (EW_s) atau Kendaraan (EW_L)	Transien	Angin (T_{EW})	Transien
Gaya gempa (EQ)	Transien	Gempa (T_{EQ})	Transien
Gaya friksi (BF)	Transien	Gesekan (T_{BF})	Transien
xxx	xxx	Getaran (T_{VI})	Transien
xxx	xxx	Pelaksanaan (T_{CL})	Transien

Berdasarkan **Tabel 1**, terlihat bahwa gaya susut/rangkak dan beban akibat penurunan pada standar pembebanan yang terbaru ini sudah diklasifikasikan sebagai aksi transien.

B. Distribusi Beban “D” dalam arah melintang

Beban “D” merupakan salah satu beban lalu lintas yang besarnya ditentukan oleh lebar lajur lalu lintas rencana pada jembatan, sehingga sering pula disebut beban lajur “D” [2]-[4]. Ketentuan jumlah lajur lalu lintas rencana berdasarkan SNI 1725 2016 dapat dilihat pada **Tabel 2**. Ketentuan ini sedikit berbeda dengan RSNI-T02 2005.

Tabel 2. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana [3]

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10.000$	3
	$10.000 \leq w < 12.500$	4
	$12.500 \leq w < 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$8250 \leq w \leq 10.750$	3
	$11.000 \leq w \leq 13.500$	4
	$13.750 \leq w \leq 16.250$	5
	$w \geq 16.500$	6

Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.
 Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis (BGT) seperti terlihat pada **Gambar 1**. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

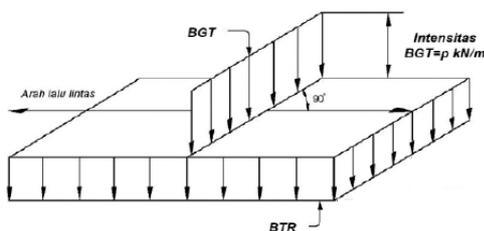
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (1)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2)$$

Keterangan:

Q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L = panjang bentang jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 1. Beban Lajur “D” [3]

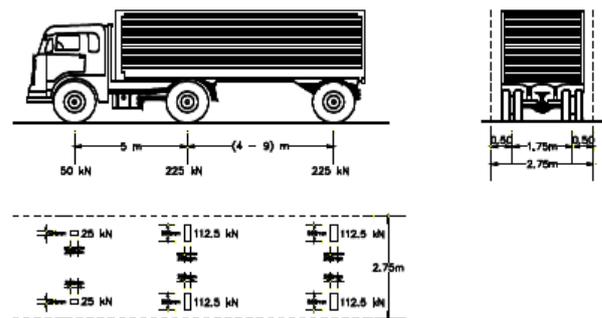
Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m. Jika jembatan terdiri atas balok kontinu, maka BGT harus ditempatkan pada posisi arah melintang jembatan pada bentang lain untuk memperoleh momen lentur negatif pada jembatan maksimum.

Penyebaran beban lajur “D” dalam arah melintang jembatan yang dilakukan untuk memperoleh momen dan geser seperti pada RSNI T-02 2005 tidak perlu dilakukan kembali dalam SNI 1725 2016. Penyebaran cukup dipertimbangkan pada seluruh lebar jembatan (tidak termasuk parapet, kerb, dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

C. Faktor Distribusi Beban Truk “T” [2]-[4]

Selain beban lajur “D” terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk tidak dapat diterapkan bersamaan dengan beban “D”. Besarnya beban truk “T” dapat diterapkan untuk perhitungan struktur seperti yang tertera pada Gambar 2. Besarnya beban truk “T” dalam

SNI 1725 2016 masih sama dengan RSNI-T02 2005, dengan total pembebanan truk sebesar 500 kN. Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat pada Gambar 2. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut dapat diubah-ubah dari 4 sampai dengan 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2. Beban Truk “T” [3]

Posisi dan distribusi beban truk “T” dalam arah melintang jembatan dilakukan dengan cara menempatkan beban truk “T” di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana. Distribusi beban truk dengan mempertimbangkan nilai S (jarak rata-rata antara balok memanjang) seperti yang tertera dalam RSNI T-02 2005, pada SNI 1725 2016 ini sudah tidak perlu dilakukan lagi.

D. Faktor Beban Dinamik

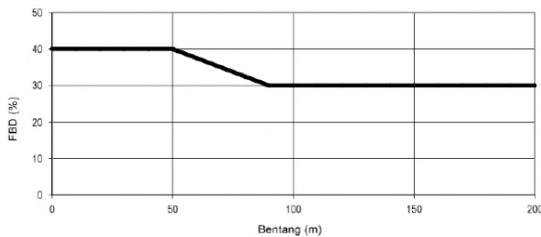
Faktor beban dinamik (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. FBD tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata BTR. Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dan dikali dengan nilai FBD. FBD ini harus diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. FBD merupakan fungsi panjang bentang yang nilainya ekuivalen dengan Gambar 3. Untuk bentang tunggal, panjang bentang ekuivalen diambil

sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus, panjang bentang ekuivalen (L_E) dengan Persamaan 3 berikut.

$$L_E = \sqrt{L_{av} L_{max}} \quad (3)$$

Keterangan :

- L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambung secara menerus
- L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus



Gambar 3. Faktor Beban Dinamis untuk Beban T dan Beban D [3]

E. Beban Fatik

Berbeda dengan RSNI T-02 2005, dalam standar pembebanan baru ini terdapat jenis beban fatik yang harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan. Beban fatik merupakan satu beban truk dengan tiga gandar, dimana jarak gandar tengah dan gandar belakang merupakan jarak konstan sebesar 5 m. FBD seperti yang tercantum dalam Gambar 3 harus dimasukkan dalam perhitungan beban fatik.

Frekuensi beban fatik harus diambil sebesar Lalu Lintas Harian (LHR) untuk satu lajur lalu lintas rencana. Frekuensi ini harus digunakan untuk semua komponen jembatan, juga untuk komponen jembatan yang memikul jumlah truk yang lebih sedikit. Jika tidak ada informasi yang lebih lengkap dan akurat, maka perencana dapat menentukan jumlah truk harian rata-rata untuk satu lajur sebesar :

$$LHR_{SL} = p_t \times LHR \quad (4)$$

Keterangan:

- LHR adalah jumlah truk rata-rata per hari dalam satu arah selama umur rencana
- LHR_{SL} adalah jumlah truk rata-rata per hari dalam satu lajur selama umur rencana
- p_t adalah fraksi truk dalam satu lajur sesuai Tabel 3

Tabel 3. Fraksi Lalulintas Truk Pada Satu Lajur (p_t) [3]

Jumlah lajur truk	p_t
1	1,00
2	0,85
3 atau lebih	0,80

F. Beban Angin [3]

SNI 1725 2016 mengasumsikan angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/j. Penentuan beban angin pada SNI 1725 2016 ini sangat berbeda dengan peraturan pembebanan RSNI T-02 2005. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya.

Jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10 m di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana V_{DZ} harus dihitung dengan Persamaan 4.

$$V_{DZ} = 2.5 \cdot V_o \cdot \left[\frac{V_{10}}{V_B} \right] \cdot \ln \left[\frac{Z}{Z_o} \right] \quad (4)$$

Keterangan:

- V_{DZ} adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
- V_{10} adalah kecepatan angin pada elevasi 10 m di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)
- V_B adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1 m yang akan menghasilkan tekanan seperti pada Tabel 4 dan Tabel 5.
- V_o adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
- V_D adalah kecepatan gesekan angin yang merupakan karakteristik meteorologi seperti yang disebutkan dalam Tabel 6, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- Z_o adalah panjang gesekan di hulu jembatan yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 6
- Z adalah elevasi struktur yang diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10$ m)

V_{10} dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survey angin pada lokasi jembatan dan,
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam.

Tabel 4. Tekanan Angin Dasar [3]

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Tekanan angin rencana dapat ditetapkan dengan menggunakan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (5)$$

Keterangan:

P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan pada Tabel 4 (MPa)

P_D adalah tekanan angin rencana (MPa)

Gaya total beban angin tidak boleh kurang dari 4.4 kN/mm pada bidang tekan dan 2.2 kN/mm pada bidang hisap untuk struktur rangka dan pelengkung, sedangkan untuk balok atau gelagar gaya total beban angin tidak kurang dari 4.4 kN/mm. Jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur maka tekanan angin dasar P_B untuk berbagai sudut serang dapat diambil sesuai Tabel 5, dan harus dikerjakan pada titik berat dari luasan yang terkena beban angin. Arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah longitudinal.

Tabel 5. Tekanan Angin Dasar (P_B) untuk Berbagai Sudut Serang [3]

Sudut serang	Rangka, kolom, dan pelengkung		Gelagar	
	Beban lateral	Beban longitudinal	Beban lateral	Beban longitudinal
Derajat	MPa	MPa	MPa	MPa
0	0,0036	0,0000	0,0024	0,0000
15	0,0034	0,0006	0,0021	0,0003
30	0,0031	0,0013	0,0020	0,0006
45	0,0023	0,0020	0,0016	0,0008
60	0,0011	0,0024	0,0008	0,0009

Tabel 6. Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

Selain diterapkan pada struktur jembatan, beban angin juga harus diterapkan pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1.46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1.8 m di atas permukaan jalan. Arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah permukaan kendaraan. Jembatan juga harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang merepresentasikan gaya angin vertikal ke atas sebesar 9.6×10^{-4} MPa dikalikan dengan lebar jembatan termasuk parapet dan trotoar. Gaya ini harus ditinjau jika Keadaan Batas Kuat III dan Layan IV tidak melibatkan angin pada kendaraan, dan hanya ditinjau untuk kasus pembebanan dimana arah angin dianggap bekerja tidak tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan. Gaya memanjang tersebut mempunyai titik tangkap pada seperempat lebar jembatan dan bekerja

secara bersamaan dengan beban angin horisontal Persamaan 4.

Tabel 7. Komponen Beban Angin yang Bekerja Pada Kendaraan [3]

Sudut derajat	Komponen tegak lurus N/mm	Komponen sejajar N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

G. Beban Gempa [3]

Saat terjadi gempa, jembatan harus direncanakan memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh dan mengalami kerusakan signifikan, sehingga jembatan masih dapat berfungsi dengan baik pasca gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horisontal yang ditentukan dengan Persamaan 6. Penentuan beban gempa ini sedikit berbeda dengan yang tercantum pada RSNI T-02 2005.

$$E_Q = \frac{C_{SM}}{R_d} \cdot E_t \quad (4)$$

Keterangan:

E_Q adalah gaya gempa horisontal statis (kN)

C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis

R_d adalah faktor modifikasi respons

W_t adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Koefisien respons gempa elastis C_{sm} diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan.

Pengaruh gempa terhadap gorong-gorong persegi dan bangunan bawah tanah tidak perlu diperhitungkan kecuali struktur tersebut melewati patahan aktif. Perhitungan pengaruh gempa terhadap jembatan termasuk beban gempa, analisis, peta gempa dan detail struktur mengacu pada SNI 2833:2008 tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan [5].

H. Kombinasi Beban [3]

Kombinasi beban untuk jembatan pada SNI 1725 2016 berbeda dengan RSNI T-02 2005. Berikut kombinasi beban yang harus ditinjau menurut SNI 1725 2016:

- Kuat 1 : kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada kombinasi ini semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Tabel 8. Kombinasi Beban dan Faktor Beban [3]

Keadaan Beban	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _h	EW _v	BF	EU _h	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{ES}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{ES}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{ES}	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_{ES}	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_{ES}	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_{ES}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

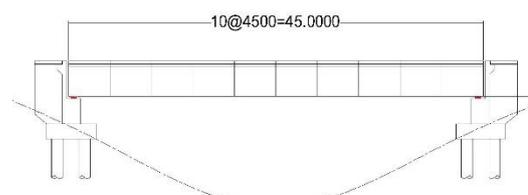
Catatan : γ_p dapat berupa γ_{GR} , γ_{ER} , γ_{SR} , γ_{DR} , γ_{BR} , γ_{FR} tergantung beban yang ditinjau
 γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

- Kuat II : kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
- Kuat III : kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Kuat IV : kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
- Kuat V : kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Ekstrem I : kombinasi pembebanan gempa, faktor beban hidup yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
- Ekstrem II : kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal.
- Layan I : kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi digunakan untuk mengontrol lendutan serta lebar retak
- Layan II : kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.

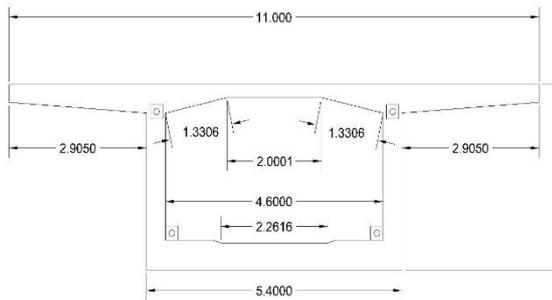
- Layan III : kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
- Layan IV : kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan mengontrol besarnya retak.
- Fatig : kombinasi beban fatig dan fraktur sehubungan dengan umur fatig akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pembahasan berikut ini akan meninjau penerapan beban dari standar pembebanan RSNI T-02 2005 dan SNI 1725 2016 pada suatu struktur jembatan dengan data-data seperti Gambar 4 dan Gambar 5. Hasil perhitungan analisis pembebanan berdasarkan standar yang lama dan yang baru dapat dilihat pada Tabel 9. Secara singkat dalam tabel tersebut dicantumkan pula perbedaan yang terjadi akibat penerapan standar pembebanan tersebut. Hasil perhitungan tersebut belum mencantumkan beban fatig.



Gambar 4. Tampak Memanjang Jembatan [6]



Gambar 5. Detail melintang Box Girder [6]

Tabel 9. Hasil Perhitungan Beban (kNm) [6]

Jenis Beban	RSNI T-02-2005	SNI 1725:2016	Beda (%)
Berat sendiri (M_S)	53719.1	53719.1	0%
Beban mati tambahan (M_A)	20251.8	20251.8	0%
Beban lajur "D" (T_D)	19358.8	19358.8	0%
Gaya rem (T_B)	447.1	398.9	12%
Beban pejalan kaki (T_P)	1265.6	1265.6	0%
Beban angin (E_W)	922.6	1312.2	30%
Pengaruh Temperatur (E_T)	117.7	117.7	0%
Beban gempa (E_Q)	33594.6	23565.6	43%

Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban lajur "D", maka pembebanan akibat lalu lintas diambil nilai momen yang terbesar, yaitu beban lajur "D" sebesar 19358.8 kN.m. Dari tabel di atas terlihat bahwa perbedaan terbesar (>20%) antara kedua pedoman peraturan pembebanan terletak pada beban angin dan beban gempa. Hal ini disebabkan oleh

- Peninjauan beban angin pada RSNI T-02 2005 tidak mempertimbangkan angin vertikal dan

angin horisontal seperti halnya pada SNI 1725:2016.

- Beban gempa pada RSNI T-02-2005 menggunakan peta zonasi gempa dengan periode ulang 500 tahun, sedangkan pada SNI 1725:2016 menggunakan peta zonasi gempa dengan periode ulang 1000 tahun.

Selanjutnya untuk melihat penggunaan kombinasi pembebanan antara RSNI T-02 2005 dan SNI 1725 2016 dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Kombinasi Pembebanan berdasarkan RSNI T-02 2005 [6]

No	Jenis Beban	Faktor	Kombinasi						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Berat sendiri (M_S)	1.2	√	√	√	√	√	√	√
2	Beban mati tambahan (M_A)	2.0	√	√	√	√	√	√	√
3	Beban lajur "D" (T_D)	1.8	√	√	√	√			√
4	Gaya rem (T_B)	1.8	√	√	√	√			√
5	Beban pejalan kaki (T_P)	1.8	√	√	√	√			√
6	Beban angin (E_W)	1.2			√	√			
7	Pengaruh Temperatur (E_T)	1.2		√		√			
8	Beban gempa (E_Q)	1.0						√	

Tabel 11. Kombinasi Pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 [6]

No.	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstream I	Ekstream II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1	Berat sendiri (M_S)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	Beban mati tambahan (M_A)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	Beban lajur "D" (T_D)	√	√				√	√	√	√	√	
4	Gaya rem (T_B)	√	√				√	√	√	√	√	
5	Beban pejalan kaki (T_P)	√	√				√	√	√	√	√	
6	Beban angin struktur (E_{WS})			√	√	√			√			√
7	Beban angin kendaraan (E_{WL})					√			√			
8	Pengaruh Temperatur (E_T)	√	√	√	√	√			√	√	√	√
9	Beban gempa (E_Q)						√					

Pada Tabel 11 di atas, kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725 2016 mempertimbangkan keadaan batas hingga 11 macam, belum termasuk keadaan batas fatik. Sedangkan kombinasi pembebanan berdasarkan RSNI T-02 2005 hanya mempertimbangkan 7 macam keadaan batas seperti yang dilihat pada Tabel 10. Sebagai ilustrasi perbedaan, keadaan batas Kuat I dari SNI 1725 2016 terdiri atas; berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban lajur "D" (T_D), gaya rem (T_B), beban pejalan kaki (T_P) dan pengaruh temperatur. Sedangkan kombinasi I dari RSNI T-02 2005 terdiri atas; berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban lajur "D" (T_D), gaya rem (T_B), dan beban pejalan kaki (T_P). Berdasarkan perbedaan kombinasi pembebanan tersebut maka penggunaan standar pembebanan SNI 1725 2016 akan menjadi lebih konservatif.

V. KESIMPULAN

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] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Surat Edaran No. 05/SE/Db/2017*, Jakarta, 2017.
- [2] Badan Standar Nasional, *RSNI T-02 2005: Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta, 2005.
- [3] Badan Standar Nasional, *SNI 1725 2016: Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta, 2016.
- [4] H. Vaza, A. Indiarjo, A. Rosyidah, MS. Reynold, A. Hilmansyah, Sudaryono, *Perencanaan Teknik Jembatan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta, 2010.
- [5] Badan Standar Nasional, *SNI 2833 2008: Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*, Jakarta, 2008.
- [6] Y.D. Setiyarto dan R. Fahmi, *Laporan Penelitian: Analisis Perbandingan Pedoman Pembebanan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725 2016 Pada Struktur Jembatan*, Bandung, 2017.