

Prakata

Standar Pembebanan untuk Jembatan dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan melalui Gugus Kerja Bidang Prasarana Transportasi Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi. Standar ini diprakarsai oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum eks. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Standar ini merupakan revisi dari SNI 03-1725-1989 yang membahas masalah beban dan aksi-aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan tersebut. Dengan terbitnya revisi ini, maka SNI 03-1725-1989 tidak berlaku lagi.

Tata cara penulisan ini disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 tahun 2000 dan dibahas dalam forum konsensus yang melibatkan narasumber, pakar dan pengguna Prasarana Transportasi sesuai ketentuan Pedoman BSN No. 9 tahun 2000.

Pendahuluan

Pada tahun 1970 Direktorat Jenderal Bina Marga menetapkan "Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya" Nr. 12/1970. Peraturan ini kemudian diangkat menjadi "Tata Cara Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya" SNI 03-1725-1989. Peraturan-peraturan ini kembali dibahas oleh Tim *Bridge Management System* (BMS) yang menghasilkan modifikasi dalam kaidah-kaidah perencanaan keadaan batas layan (KBL) dan ultimit (KBU). Acuan yang banyak digunakan standar ini bersumber pada *Austroads* dan menghasilkan Peraturan "Beban Jembatan", Peraturan Perencanaan Jembatan, Bagian 2, BMS-1992. Peraturan ini mencakup perencanaan beban gempa secara statis ekuivalen yang mengacu pada "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya" SNI -03-2833-1992.

Pusat Litbang Prasarana Transportasi memprakarsai penerbitan "Pedoman Perencanaan Beban Gempa untuk Jembatan" Pd. T-04-2004-B (melengkapi Peraturan "Beban Jembatan" BMS-1992) yang memuat perencanaan beban gempa secara dinamis.

Sejalan dengan itu, "Standar Pembebanan untuk Jembatan" yang dipersiapkan dalam tahun 1989 dikaji ulang dan disesuaikan dengan Peraturan "Beban Jembatan" BMS-1992 sehingga memungkinkan jembatan untuk mengakomodasikan pertumbuhan dan perilaku lalu lintas kendaraan berat yang ada.

"Standar Pembebanan untuk Jembatan" 2004 memuat beberapa penyesuaian berikut:

- i. Gaya rem dan gaya sentrifugal yang semula mengikuti *Austroads*, dikembalikan ke Peraturan Nr. 12/1970 dan Tata Cara SNI 03-1725-1989 yang sesuai *AASHTO*;
- ii. Faktor beban ultimit dari "Beban Jembatan" BMS-1992 direduksi dari nilai 2 ke 1,8 untuk beban hidup yang sesuai *AASHTO*;
- iii. Kapasitas beban hidup keadaan batas ultimit (KBU) dipertahankan sama sehingga faktor beban 1,8 menimbulkan kenaikan kapasitas beban hidup keadaan batas layan (KBL) sebesar $2/1,8 \sim 11,1\%$;
- iv. Kenaikan beban hidup layan atau nominal (KBL) meliputi :
 - § "Beban T" truk desain dari 45 ton menjadi 50 ton ;
 - § Beban roda desain dari 10 ton menjadi 11,25 ton ;
 - § "Beban D" terbagi rata (BTR) dari $q = 8$ kPa menjadi 9 kPa ;
 - § "Beban D" garis terpusat (BGT) dari $p = 44$ kN/m menjadi 49 kN/m
- v. Beban mati ultimit (KBU) diambil pada tingkat nominal (faktor beban = 1) dalam pengecekan stabilitas geser dan guling dari pondasi langsung.

Sesuai standar ini, beban truk legal adalah 50 ton dengan konfigurasi satu truk setiap jalur sepanjang bentang jembatan.

Rangkaian truk legal diperhitungkan berdasarkan kasus konfigurasi kendaraan dan kapasitas aktual jembatan. Jembatan direncanakan untuk menahan beban hidup yang sesaat melewati jembatan. Dengan demikian kemacetan lalu lintas di atas jembatan harus dihindari.

Standar pembebanan untuk jembatan

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan. Beban-beban, aksi-aksi dan metode penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seizin pejabat yang berwenang.

Butir-butir tersebut di atas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama > 200 m.

2 Acuan normatif

- SNI 03-1725-1989, *Tata cara perencanaan pembebanan jembatan jalan raya*
- SNI 03-2833-1992, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan jalan raya*
- Pd. T-04-2004-B, *Pedoman perencanaan beban gempa untuk jembatan*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam standar ini sebagai berikut :

3.1

aksi lingkungan

pengaruh yang timbul akibat temperatur, angin, aliran air, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya

3.2

aksi nominal

nilai beban rata-rata berdasarkan statistik untuk periode ulang 50 tahun

3.3

beban primer

beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan

3.4

beban sekunder

beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan

3.5

beban khusus

beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan

3.6**beban mati**

semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya

3.7**beban hidup**

semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan

3.8**beban mati primer**

berat sendiri dari pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar jembatan

3.9**beban pelaksanaan**

beban sementara yang mungkin bekerja pada bangunan secara menyeluruh atau sebagian selama pelaksanaan

3.10**beban mati sekunder**

berat kerb, trotoar, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor. Beban tersebut dianggap terbagi rata di seluruh gelagar

3.11**beban lalu lintas**

seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan

3.12**berat**

berat dari suatu benda adalah gaya gravitasi yang bekerja pada massa benda tersebut (kN)

Berat = massa $\times g$

dengan pengertian g adalah percepatan akibat gravitasi

3.13**faktor beban**

pengali numerik yang digunakan pada aksi nominal untuk menghitung aksi rencana. Faktor beban diambil untuk:

- adanya perbedaan yang tidak diinginkan pada beban
- ketidak-tepatan dalam memperkirakan pengaruh pembebanan
- adanya perbedaan ketepatan dimensi yang dicapai dalam pelaksanaan

3.14**faktor beban biasa**

digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah mengurangi keamanan

3.15**faktor beban berkurang**

digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah menambah keamanan

3.16**fender**

struktur pelindung pilar jembatan terhadap tumbukan kapal

3.17**jangka waktu aksi**

perkiraan lamanya aksi bekerja dibandingkan dengan umur rencana jembatan. Ada dua macam kategori jangka waktu yang diketahui :

- Aksi tetap adalah bekerja sepanjang waktu dan bersumber pada sifat bahan jembatan cara jembatan dibangun dan bangunan lain yang mungkin menempel pada jembatan
- Aksi transien bekerja dengan waktu yang pendek, walaupun mungkin terjadi seringkali

3.18**lantai kendaraan**

seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Bebannya disebut Beban "T"

3.19**lajur lalu lintas**

bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Bebannya disebut Beban "D"

3.20**lajur lalu lintas rencana**

strip dengan lebar 2,75 m dari jalur yang digunakan dimana pembebanan lalu lintas rencana bekerja

3.21**lajur lalu lintas biasa**

lajur yang diberi marka pada permukaan untuk mengendalikan lalu lintas

3.22**lebar jalan**

lebar keseluruhan dari jembatan yang dapat digunakan oleh kendaraan, termasuk lajur lalu lintas biasa, bahu yang diperkeras, marka median dan marka yang berupa strip. Lebar jalan membentang dari kerb yang dipertinggi ke kerb yang lainnya. Atau apabila kerb tidak dipertinggi, adalah dari penghalang bagian dalam ke penghalang lainnya

3.23**profil ruang bebas jembatan**

ukuran ruang dengan syarat tertentu yaitu meliputi tinggi bebas minimum jembatan tertutup, lebar bebas jembatan dan tinggi bebas minimum terhadap banjir

3.24**tipe aksi**

Dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total jembatan (mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon total (menambah keamanan) pada bagian lainnya.

- Tak dapat dipisah-pisahkan, artinya aksi tidak dapat dipisah ke dalam salah satu bagian yang mengurangi keamanan dan bagian lain yang menambah keamanan (misalnya pembebanan "T")
- Tersebar dimana bagian aksi yang mengurangi keamanan dapat diambil berbeda dengan bagian aksi yang menambah keamanan (misalnya, beban mati tambahan)

4 Persyaratan dan petunjuk penggunaan**4.1 Persyaratan**

- 1) Standar perencanaan jembatan jalan raya digunakan dalam perjanjian kerja antara pihak-pihak yang bersangkutan dengan bidang konstruksi dan pihak yang berwenang/aparatur pemerintah, sehingga merupakan bagian yang tak terpisahkan dari anggaran biaya yang mengikat. Kekuatan perjanjian-perjanjian kerja ini tercermin bahwa setiap perubahan standar perencanaan pembebanan jembatan jalan raya selalu melalui Keputusan Presiden RI atau Keputusan Menteri yang bertanggung jawab dalam pembinaan jalan dan jembatan;
- 2) Para Pelaksana dalam pekerjaan pembangunan jembatan tidak akan terlepas dari kewajiban untuk melaksanakan berbagai upaya analisa, cara, atau perhitungan yang dapat menjamin bahwa jembatan yang dibangunnya akan sanggup memikul beban-beban yang ditetapkan pada standar perencanaan pembebanan jalan raya yang berlaku;
- 3) Sehubungan dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi dan transportasi, perencana harus selalu mengikuti perkembangan dan perubahan-perubahan yang terjadi pada berbagai standar perencanaan pembebanan jalan raya baik nasional maupun internasional. Bila terdapat perubahan-perubahan yang mendasar dan signifikan maka perencana harus segera mempersiapkan bahan-bahan pembebanan dan mendiskusikannya dengan pihak klien/ yang berwenang;
- 4) Setiap bagian struktur jembatan yang direncanakan harus sesuai dengan beban rencana, gaya-gaya yang bekerja, dan berbagai pengaruhnya, termasuk seluruh gaya/beban yang mungkin terjadi pada jembatan selama umur rencana harus diketahui;
- 5) Bila terdapat beban/gaya yang tidak umum dan tidak tercakup dalam standar perencanaan pembebanan jembatan jalan raya ini, perencana harus mengidentifikasi, mengevaluasi, menghitung besaran dan lamanya gaya tersebut bekerja. Disamping itu, perencana berkewajiban untuk mencari mengkaji sifat-sifat khusus lainnya sehubungan dengan pembebanan tersebut (bila ada);
- 6) Perencana dapat mengusulkan untuk menerapkan berbagai beban di luar standar perencanaan jembatan jalan raya ini apabila data hasil percobaan/pengukuran dan perhitungan teknis memberikan dukungan yang kuat terhadap usulan tersebut. Selain itu, pihak yang berwenang telah memberikan persetujuan secara tertulis kepada perencana untuk menerapkan metode atau standar pembebanan yang berbeda. Untuk

suatu jembatan yang khusus, perencana harus mempelajari setiap kemungkinan pembebanan umum yang bersesuaian dengan standar perencanaan pembebanan jembatan jalan raya ini. Jumlah beban yang akan diterapkan beban jembatan khusus ini harus di kombinasikan secara konsisten;

- 7) Apabila seluruh gaya-gaya/beban telah diketahui, maka seluruh kombinasi yang memungkinkan harus dibuat. Suatu kombinasi dapat hanya berlaku untuk suatu bagian struktur jembatan saja dan tidak terjadi secara serempak/bersamaan. Hal tersebut harus dapat diuraikan secara jelas dan sistematis oleh perencana dalam meminta persetujuan yang berwenang. Perencana juga berkewajiban untuk menunjukkan kombinasi-kombinasi yang mengakibatkan pengaruh yang paling membahayakan;
- 8) Dalam melakukan kombinasi pembebanan perencana harus memperhatikan aspek ekonomis dan harus mendapat persetujuan yang berwenang. Perencana harus mencantumkan pada gambar struktur jembatan mengenai metode pelaksanaan, urutan, dan setiap batasan khusus lainnya. Perpindahan setiap gaya harus diuraikan secara jelas, seperti perpindahan gaya-gaya antara bangunan bawah dengan pondasi sehingga bagian struktur seperti pada elastomer atau jenis perletakan lainnya, dihitung dengan berbagai gaya-gaya yang relevan secara benar dan akurat;
- 9) Diagram tegangan yang terjadi dari beban yang diterapkan harus diperlihatkan. Untuk jembatan yang tidak tegak lurus sungai (*skew*), maka beban yang dipikul oleh jembatan melalui sistem lantai/balok ke perletakan, dalam perencanaan harus dipisahkan ke dalam komponen-komponen gaya vertikal, lateral dan memanjang.

4.2 Petunjuk penggunaan standar

- 1) Untuk memudahkan penggunaan standar yang akan dipergunakan ini maka aksi-aksi (beban, perpindahan dan pengaruh lainnya) dikelompokkan menurut sumbernya ke dalam beberapa kelompok, yaitu:

- a) aksi tetap Bab 5;
- b) beban lalu lintas Bab 6;
- c) aksi lingkungan Bab 7;
- d) aksi-aksi lainnya Bab 8.

Masing-masing dari bab di atas berisi spesifikasi untuk menghitung aksi nominal, definisi dari tipe aksi tersebut, faktor beban yang digunakan untuk menghitung besarnya aksi rencana. Secara ringkas bisa dilihat dalam Tabel 1.

- 2) Aksi juga diklasifikasikan berdasarkan kepada lamanya aksi tersebut bekerja, yaitu:
 - a) aksi tetap;
 - b) aksi transien.

Klasifikasi ini digunakan apabila aksi-aksi rencana di gabung satu sama lainnya mendapatkan kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan.

Kombinasi beban rencana di kelompokkan ke dalam kelompok-kelompok, yaitu:

- a) kombinasi dalam batas daya layan Pasal 9.5;
- b) kombinasi dalam batas ultimit Pasal 9.6;
- c) kombinasi dalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja Pasal 10.3.

Persyaratan untuk stabilitas terhadap guling jembatan atau bagian dari jembatan bisa dilihat dalam Pasal 11.1. Persyaratan minimum untuk pengekangan arah lateral bisa dilihat dalam Pasal 11.2.

- 3) Bangunan-bangunan sekunder yang dipasang pada jembatan mempunyai persyaratan khusus dalam perencanaannya. Spesifikasi dari aksi-aksi yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut tercantum dalam:

- a) penghalang lalu lintas dan penghalang untuk pejalan kaki Bab 12
- b) rambu jalan dan bangunan penerangan Bab 13

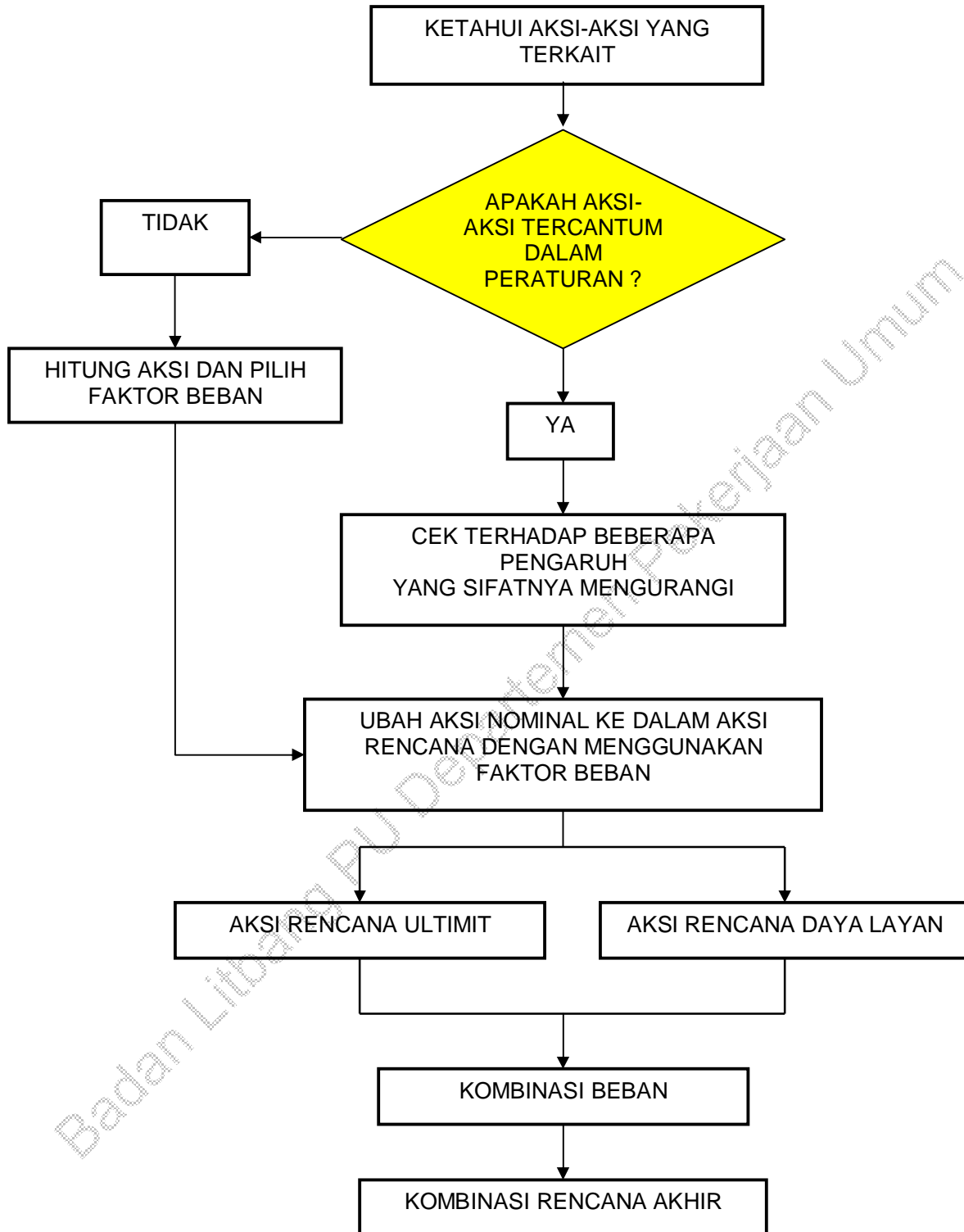
- 4) Semua aksi yang mungkin akan mempengaruhi jembatan selama umur rencana terlebih dahulu harus diketahui. Setiap aksi yang tidak umum yang tidak dijelaskan dalam standar ini harus dievaluasi dengan memperhitungkan besarnya faktor beban dan lamanya aksi tersebut bekerja;

Apabila semua aksi telah diketahui, maka seluruh kombinasi yang memungkinkan harus diketahui sesuai dengan Bab 9 atau Pasal 10.3. Suatu kombinasi mungkin hanya berlaku untuk bagian dari jembatan saja, dan beberapa aksi mungkin tidak akan cocok apabila terjadi secara bersamaan. Hal semacam ini harus bisa diputuskan oleh Perencana;

Aksi nominal diubah menjadi aksi rencana dengan cara mengalikan dengan faktor beban yang cukup memadai.

- 5) Beberapa aksi dapat mengurangi pengaruh dari aksi-aksi lainnya. Dalam keadaan ini maka faktor beban yang lebih rendah bisa digunakan sebagai aksi yang pengurang. Dalam hal aksi terbagi rata, seperti lapis permukaan aspal beton pada jembatan bentang menerus, dimana sebagian aksi berfungsi sebagai pengurang maka hanya digunakan satu nilai faktor beban ultimit yang digunakan untuk seluruh aksi tersebut. Perencana harus menentukan salah satu faktor beban, (dapat beban normal atau berkurang), yang menyebabkan pengaruh paling buruk;
- 6) Dalam menentukan faktor beban yang menyebabkan pengaruh paling buruk, perencana harus mengambil keputusan dalam menentukan aksi-aksi mana yang bersifat normal atau mengurangi. Sebagai contoh, perencana perlu menerapkan faktor beban berkurang untuk berat sendiri jembatan bila menghitung gaya angkat tiang atau stabilitas bangunan bawah. Dalam semua hal, bagaimanapun, faktor beban yang dipilih adalah faktor yang menghasilkan pengaruh total terburuk;
- 7) Banyak aksi mempunyai faktor beban berkurang efektif nol (sesuai dengan penghilangan aksi), dalam hal ini faktor bisa dihilangkan;
- 8) Aksi rencana harus digabungkan bersama untuk memperoleh berbagai-bagai kombinasi beban yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk bisa membandingkan secara langsung beberapa kombinasi dan mengabaikan kombinasi yang memberikan pengaruh paling kecil pada jembatan. Kombinasi yang lolos adalah kombinasi yang harus digunakan dalam perencanaan jembatan. Tahapan ini bisa dilihat dalam bagan alir pada Gambar 1;
- 9) Penjelasan yang terperinci dari beban-beban rencana yang harus dicantumkan dalam gambar jembatan adalah sebagai berikut:
- judul dan edisi dari standar yang digunakan;
 - perbedaan penting terhadap persyaratan dalam standar ini;
 - pengurangan yang diizinkan dari 100% beban lalu lintas rencana;
 - pembesaran yang diizinkan dari 100 % beban lalu lintas rencana;
 - daerah gempa;
 - aksi rencana yang penting, seperti halnya:
 - kecepatan angin
 - penurunan/perbedaan penurunan
 - aliran sungai/beban hanyutan;
 - beban-beban fondasi yang diperhitungkan;
 - temperatur rencana rata-rata untuk memasang perletakan dan sambungan siar muai.

Apabila diperlukan dalam persyaratan perencanaan, maka pelaksanaan dan urutan-urutan pemasangan, atau batasan khusus lainnya harus dicantumkan dalam gambar jembatan.



Gambar 1 Bagan alir untuk perencanaan beban jembatan

Tabel 1 Ringkasan aksi-aksi rencana

Pasal No	Aksi		Lamanya waktu (3)	Faktor Beban pada Keadaan Batas Ultimit K		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan K		
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat Sendiri	P_{MS}	Tetap	1,0	* (3)	* (3)
5.3	Beban Mati Tambahan	P_{MA}	Tetap	1,0/1,3 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan & Rangkak	P_{SR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	P_{PR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan Tanah	P_{TA}	Tetap	1,0	* (3)	* (3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	P_{PL}	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban Lajur “D”	T_{TD}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban Truk “T”	T_{TT}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	T_{TB}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	T_{TR}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban trotoar	T_{TP}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban-beban Tumbukan	T_{TC}	Tran	* (3)	* (3)	N/A
7.2	Penurunan	P_{ES}	Tetap	1,0	N/A	N/A
7.3	Temperatur	T_{ET}	Tran	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran/Benda hanyutan	T_{EF}	Tran	1,0	* (3)	N/A
7.5	Hidro/Daya apung	T_{EU}	Tran	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	T_{EW}	Tran	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	T_{EQ}	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	T_{BF}	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	T_{VI}	Tran	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	T_{CL}	Tran	* (3)	* (3)	* (3)

CATATAN (1) Simbol yang terlihat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk: P_{MS} = berat sendiri nominal, P_{MS}^* = berat sendiri rencana

CATATAN (2) Tran = transien

CATATAN (3) Untuk penjelasan lihat Pasal yang sesuai

CATATAN (4) "N/A" menandakan tidak dapat dipakai. Dalam hal di mana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol

5 Aksi dan beban tetap

5.1 Umum

- 1) Masa dari setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan;
- 2) Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitasi g . Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,8 \text{ m/dt}^2$. Besarnya kerapatan masa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 3;
- 3) Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban berkurang. Akan tetapi apabila kerapatan masa diambil dari suatu jajaran harga, dan harga yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan tepat, maka Perencana harus memilih-milih harga tersebut untuk mendapatkan keadaan yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini dan tidak boleh diubah;
- 4) Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non-struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya di dalam menentukan elemen-elemen tersebut;

5.2 Berat sendiri

Tabel 2 Faktor beban untuk berat sendiri

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K		K	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pra cetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor di tempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

- 5) Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 3 Berat isi untuk beban mati [kN/m³]

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

5.3 Beban mati tambahan / utilitas

Tabel 4 Faktor beban untuk beban mati tambahan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K		K	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
CATATAN (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

5.3.1 Pengertian dan persyaratan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Dalam hal tertentu harga K_{MA} yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan Instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut mengawasi beban mati tambahan sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

Pasal ini tidak berlaku untuk tanah yang bekerja pada jembatan. Faktor beban yang digunakan untuk tanah yang bekerja pada jembatan ini diberikan pada Pasal 5.4.2 dan diperhitungkan sebagai tekanan tanah pada arah vertikal.

5.3.2 Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Kecuali ditentukan lain oleh Instansi yang berwenang, semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar.

Pelapisan kembali yang diizinkan adalah merupakan beban nominal yang dikaitkan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban rencana.

5.3.3 Sarana lain di jembatan

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum yang ditempatkan pada jembatan harus dihitung setepat mungkin. Berat dari pipa untuk saluran air bersih, saluran air kotor dan lain-lainnya harus ditinjau pada keadaan kosong dan penuh sehingga kondisi yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

5.4 Pengaruh penyusutan dan rangkai

Tabel 5 Faktor beban akibat penyusutan dan rangkai

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K	K
Tetap	1,0	1,0
CATATAN (1) Walaupun rangkai dan penyusutan bertambah lambat menurut waktu akan tetapi pada akhirnya akan mencapai harga yang konstan		

Pengaruh rangkai dan penyusutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan-jembatan beton. Pengaruh ini dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Apabila rangkai dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka harga dari rangkai dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang).

5.4.1 Pengaruh prategang

Tabel 6 Faktor beban akibat pengaruh prategang

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K_{PR}^S	K_{PR}^U
Tetap	1,0	1,0 (1,15 pada prapenegangan)

Prategang akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tidak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas daya layan ataupun batas ultimit.

Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan tegangan dalam kombinasinya dengan beban-beban lainnya.

Pengaruh utama dari prategang adalah sebagai berikut:

- a) pada keadaan batas daya layan, gaya prategang dapat dianggap bekerja sebagai suatu sistem beban pada unsur. Nilai rencana dari beban prategang tersebut harus dihitung dengan menggunakan faktor beban daya layan sebesar 1,0;
- b) pada keadaan batas ultimit, pengaruh utama dari prategang tidak dianggap sebagai beban yang bekerja, melainkan harus tercakup dalam perhitungan kekuatan unsur.

5.4.2 Tekanan tanah

Tabel 7 Faktor beban akibat tekanan tanah

JANGKA WAKTU	DESKRIPSI	FAKTOR BEBAN	
		K_{TA}^S	K_{TA}^U
			Biasa Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,0	1,25 (1) 0,80
	Tekanan tanah lateral		
	- aktif	1,0	1,25 0,80
	- pasif	1,0	1,40 0,70
	- keadaan diam	1,0	lihat penjelasan

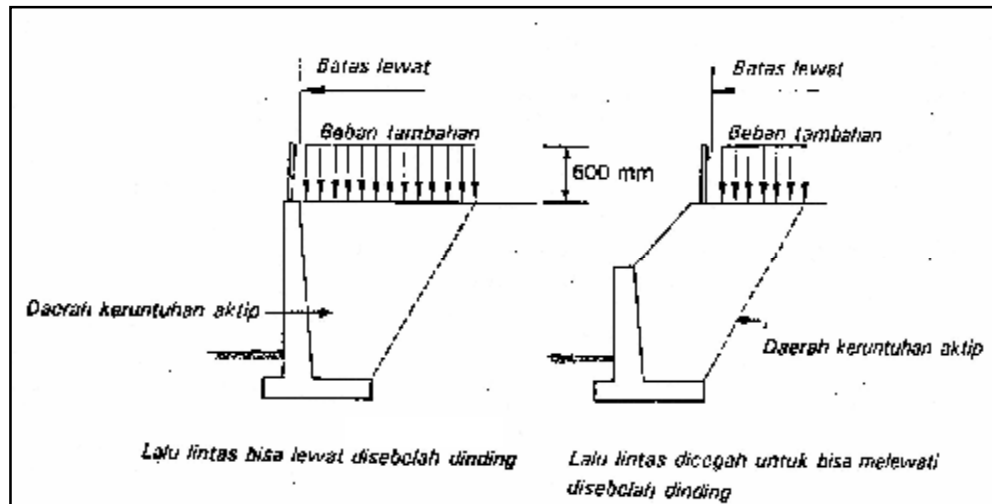
- 1) Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung dari sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) bisa diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian tanah;
- 2) Tekanan tanah lateral mempunyai hubungan yang tidak linier dengan sifat-sifat bahan tanah;

- 3) Tekanan tanah lateral daya layan dihitung berdasarkan harga nominal dari w_s , c dan φ ;
- 4) Tekanan tanah lateral ultimit dihitung dengan menggunakan harga nominal dari w_s dan harga rencana dari c dan φ . Harga-harga rencana dari c dan φ diperoleh dari harga nominal dengan menggunakan Faktor Pengurangan Kekuatan K_f^R , seperti terlihat dalam Tabel 8. Tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa harga nominal dan selanjutnya harus dikalikan dengan Faktor Beban yang cukup seperti yang tercantum dalam Pasal ini;
- 5) Pengaruh air tanah harus diperhitungkan sesuai dengan Pasal 7.5.

Tabel 8 Sifat-sifat untuk tekanan tanah

Sifat-sifat Bahan untuk Menghitung Tekanan Tanah	Keadaan Batas Ultimit	
	Biasa	Terkurangi
Aktif: $w_s^* =$ (1) $\varphi^* =$ $c^* =$	w_s $\tan^{-1} (K_f^R \tan \varphi)$ $K_C^R c$ (3)	w_s $\tan^{-1} [(\tan \varphi) / K_f^R]$ c / K_C^R
Pasif: $w_s^* =$ (1) $\varphi^* =$ $c^* =$	w_s $\tan^{-1} [(\tan \varphi) \cdot K_f^R]$ $c \cdot K_C^R$	w_s $\tan^{-1} (K_f^R \tan \varphi)$ $K_C^R c$ (3)
Vertikal: $w_s^* =$	w_s	w_s
CATATAN (1) Harga rencana untuk geseran dinding, δ^* , harus dihitung dengan cara yang sama seperti φ^* CATATAN (2) K_f^R dan K_C^R adalah faktor reduksi kekuatan bahan CATATAN (3) Nilai φ^* dan c^* minimum berlaku umum untuk tekanan tanah aktif dan pasif		

- 6) Tanah dibelakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis (lihat Gambar 2). Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut. Beban tambahan ini hanya diterapkan untuk menghitung tekanan tanah dalam arah lateral saja, dan faktor beban yang digunakan harus sama seperti yang telah ditentukan dalam menghitung tekanan tanah arah lateral. Faktor pengaruh pengurangan dari beban tambahan ini harus nol.
- 7) Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada Keadaan Batas Ultimit. Apabila keadaan demikian timbul, maka Faktor Beban Ultimit yang digunakan untuk menghitung harga rencana dari tekanan tanah dalam keadaan diam harus sama seperti untuk tekanan tanah dalam keadaan aktif. Faktor Beban Daya Layan untuk tekanan tanah dalam keadaan diam adalah 1,0, tetapi dalam pemilihan harga nominal yang memadai untuk tekanan harus hati-hati.



Gambar 2 Tambahan beban hidup

5.4.3 Pengaruh tetap pelaksanaan

Tabel 9 Faktor beban akibat pengaruh pelaksanaan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K	K
		Biasa Terkurangi
Tetap	1,0	1,25 0,8

Pengaruh tetap pelaksanaan adalah beban muncul disebabkan oleh metoda dan urutan pelaksanaan jembatan beban ini biasanya mempunyai kaitan dengan aksi-aksi lainnya, seperti pra-penegangan dan berat sendiri. Dalam hal ini, pengaruh faktor ini tetap harus dikombinasikan dengan aksi-aksi tersebut dengan faktor beban yang sesuai.

Bila pengaruh tetap yang terjadi tidak begitu terkait dengan aksi rencana lainnya, maka pengaruh tersebut harus dimaksudkan dalam batas daya layan dan batas ultimit dengan menggunakan faktor beban yang tercantum dalam Pasal ini.

6 Beban lalu lintas

6.1 Umum

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

Dalam keadaan tertentu beban "D" yang harganya telah diturunkan atau dinaikkan mungkin dapat digunakan (lihat Pasal 6.5).

6.2 Lajur lalu lintas rencana

Lajur lalu lintas Rencana harus mempunyai lebar 2,75 m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 11.

Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

6.3 Beban lajur "D"

Tabel 10 Faktor beban akibat beban lajur "D"

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K	K
Transien	1,0	1,8

6.3.1 Intensitas dari beban "D"

- 1) Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 3;

Tabel 11 Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n _i)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	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 dengan median untuk banyak arah.

CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6.0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.

- 2) **Beban terbagi rata (BTR)** mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

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

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2)$$

dengan pengertian :

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

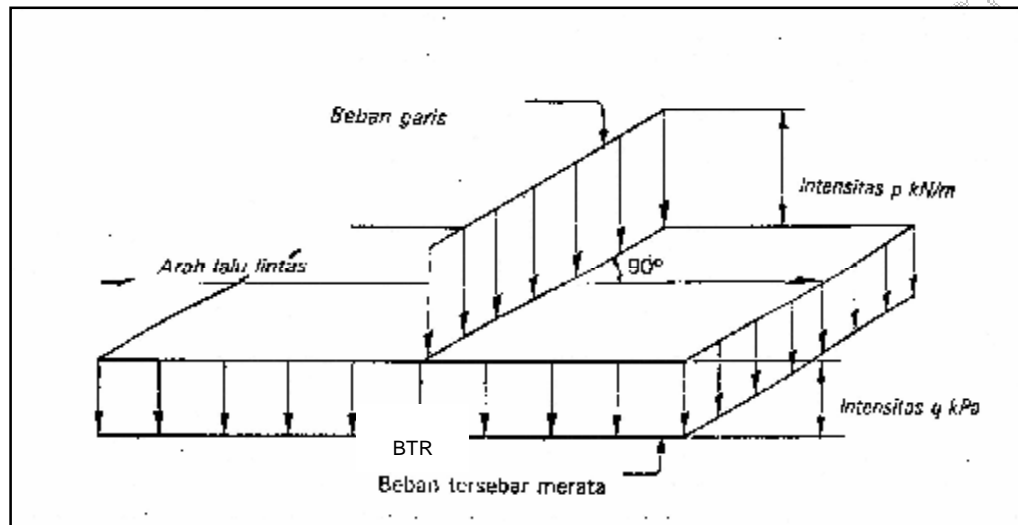
L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Hubungan ini bisa dilihat dalam Gambar 4.

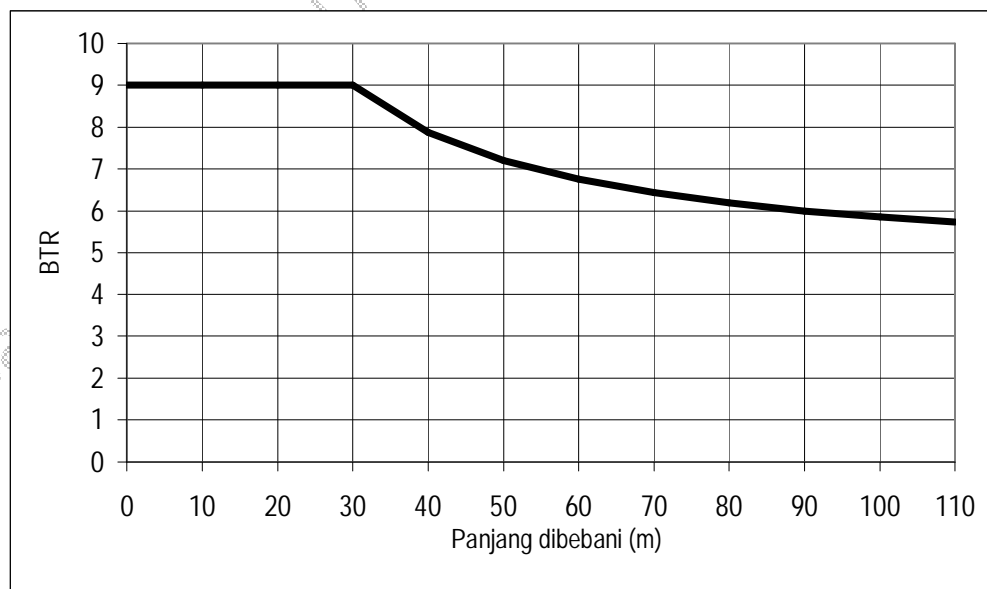
Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus. Dalam hal ini L adalah jumlah dari masing-masing panjang beban-beban yang dipecah seperti terlihat dalam Gambar 6.

- 3) **Beban garis (BGT)** dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya. Ini bisa dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 3 Beban lajur "D"

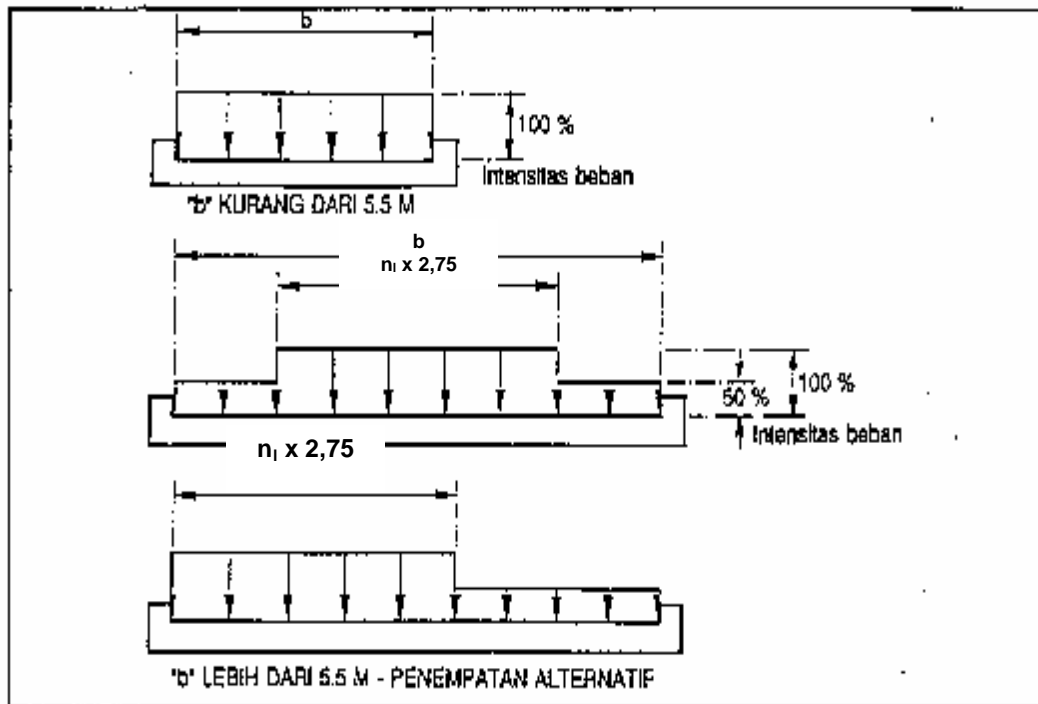


6.3.2 Penyebaran beban "D" pada arah melintang

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada

arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 % seperti tercantum dalam Pasal 6.3.1;
- 2) apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_l) yang berdekatan (Tabel 11), dengan intensitas 100 % seperti tercantum dalam Pasal 6.3.1. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 p$ kN, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar $n_l \times 2,75$ m;
- 3) lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 % seperti tercantum dalam Pasal 6.3.1. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam Gambar 5;

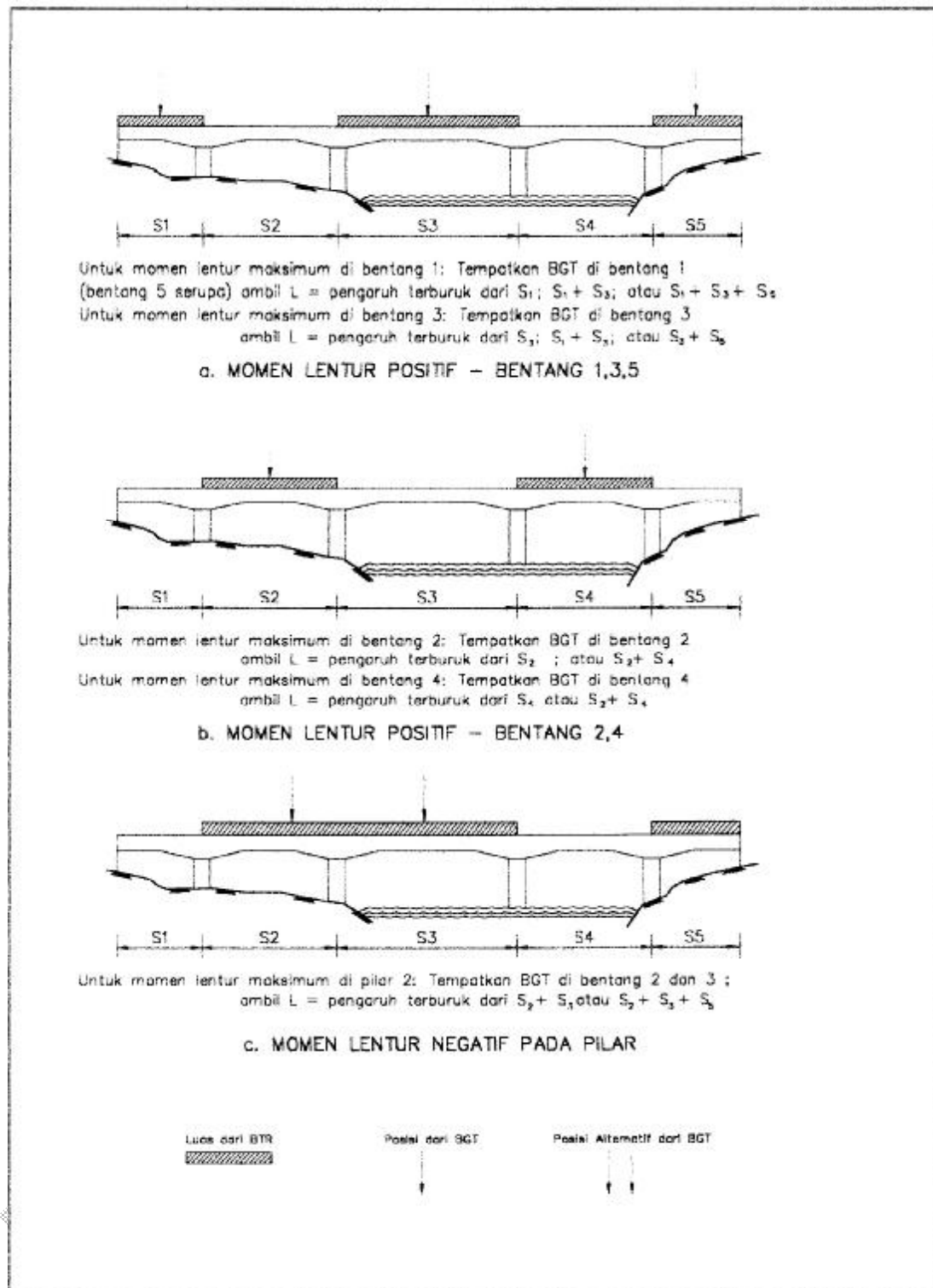


Gambar 5 Penyebaran pembebanan pada arah melintang

- 4) luas jalur yang ditempati median yang dimaksud dalam Pasal ini harus dianggap bagian jalur dan dibebani dengan beban yang sesuai, kecuali apabila median tersebut terbuat dari penghalang lalu lintas yang tetap.

6.3.3 Respon terhadap beban lalu lintas "D"

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.



Gambar 6 Susunan pembebanan "D"

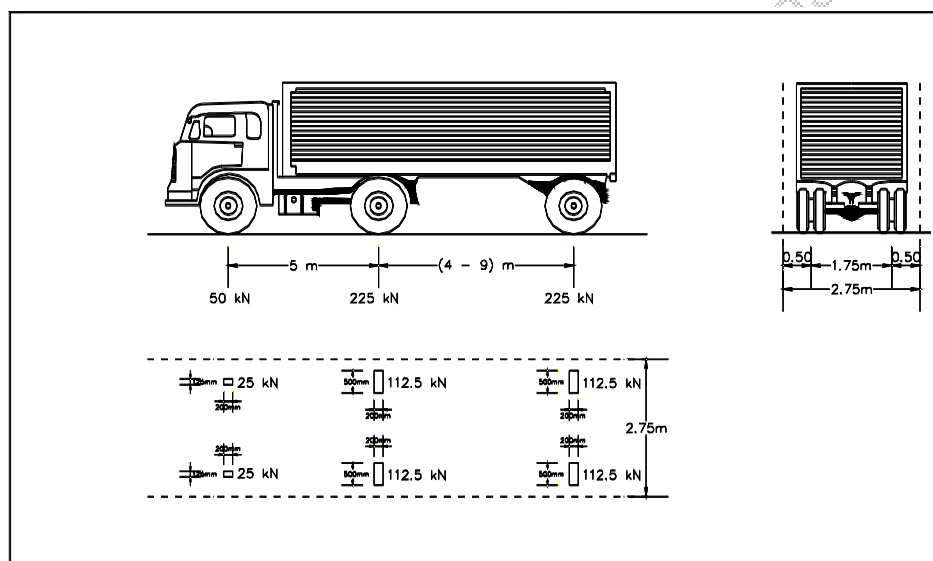
6.4 Pembebanan truk "T"

Tabel 12 Faktor beban akibat pembebanan truk "T"

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,;T};$	$K_{U,;T};$
Transien	1,0	1,8

6.4.1 Besarnya pembebanan truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 7. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 7 Pembebanan truk "T" (500 kN)

6.4.2 Posisi dan penyebaran pembebanan truk "T" dalam arah melintang

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam Gambar 7. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Pasal 6.2, akan tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan.

6.4.3 Respon terhadap beban lalu lintas “T”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan:

- 1) menyebar beban truk tunggal “T” pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang diberikan dalam Tabel 13;

Tabel 13 Faktor distribusi untuk pembebanan truk “T”

Jenis bangunan atas	Jembatan jalur tunggal	Jembatan jalur majemuk
Pelat lantai beton di atas:		
§ balok baja I atau balok beton pra tekan	S/4,2 (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1)	S/3,4 (bila $S > 4,3$ m lihat Catatan 1)
§ balok beton bertulang T	S/4,0 (bila $S > 1,8$ m lihat Catatan 1)	S/3,6 (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1)
§ balok kayu	S/4,8 (bila $S > 3,7$ m lihat Catatan 1)	S/4,2 (bila $S > 4,9$ m lihat Catatan 1)
Lantai papan kayu	S/2,4	S/2,2
Lantai baja gelombang tebal 50 mm atau lebih	S/3,3	S/2,7
Kisi-kisi baja:		
§ kurang dari tebal 100 mm	S/2,6	S/2,4
§ tebal 100 mm atau lebih	S/3,6 (bila $S > 3,6$ m lihat Catatan 1)	S/3,0 (bila $S > 3,2$ m lihat Catatan 1)
CATATAN 1 Dalam hal ini, beban pada tiap balok memanjang adalah reaksi beban roda dengan menganggap lantai antara gelagar sebagai balok sederhana. CATATAN 2 Geser balok dihitung untuk beban roda dengan reaksi 2S yang disebarkan oleh $S/\text{faktor} \geq 0,5$. CATATAN 3 S adalah jarak rata-rata antara balok memanjang (m).		

- 2) momen lentur ultimit rencana akibat pembebanan truk “T” yang diberikan dapat digunakan untuk pelat lantai yang membentangi gelagar atau balok dalam arah melintang dengan bentang antara 0,6 dan 7,4 m;

- 3) bentang efektif S diambil sebagai berikut:

- i. untuk pelat lantai yang bersatu dengan balok atau dinding (tanpa peninggian), S = bentang bersih;
- ii. untuk pelat lantai yang didukung pada gelagar dari bahan berbeda atau tidak dicor menjadi kesatuan, S = bentang bersih + setengah lebar dudukan tumpuan.

6.5 Klasifikasi pembebanan lalu lintas

6.5.1 Pembebanan lalu lintas yang dikurangi

Dalam keadaan khusus, dengan persetujuan Instansi yang berwenang, pembebanan "D" setelah dikurangi menjadi 70 % bisa digunakan. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi harga berlaku untuk jembatan darurat atau semi permanen.

Faktor sebesar 70 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT yang tercantum dalam Pasal 6.3 dan gaya sentrifugal yang dihitung dari BTR dan BGT seperti pada Pasal 6.8.

Faktor pengurangan sebesar 70 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk "T" atau gaya rem pada arah memanjang jembatan seperti tercantum dalam Pasal 6.7.

6.5.2 Pembebanan lalu lintas yang berlebih (*overload*)

Dengan persetujuan Instansi yang berwenang, pembebanan "D" dapat diperbesar di atas 100 % untuk jaringan jalan yang dilewati kendaraan berat. Faktor pembesaran di atas 100 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT yang tercantum dalam Pasal 6.3 dan gaya sentrifugal yang dihitung dari BTR dan BGT seperti pada Pasal 6.8.

Faktor pembesaran di atas 100 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk "T" atau gaya rem pada arah memanjang jembatan seperti tercantum dalam Pasal 6.7.

6.6 Faktor beban dinamis

- 1) Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung kepada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.
- 2) 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. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit.
- 3) **Untuk pembebanan "D"**: FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam Gambar 8. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E diberikan dengan rumus:

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

dengan pengertian :

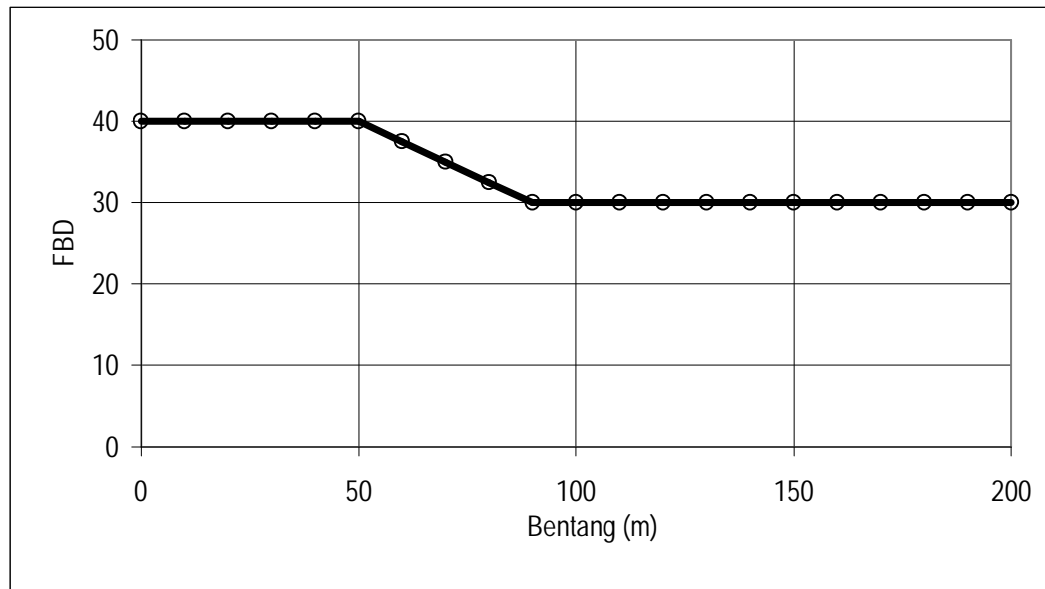
L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

- 4) **Untuk pembebanan truk "T"**: FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.

Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada dibawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m.

Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja-tanah, harga FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa di interpolasi linier. Harga FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 8 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

6.7 Gaya rem

Tabel 14 Faktor beban akibat gaya rem

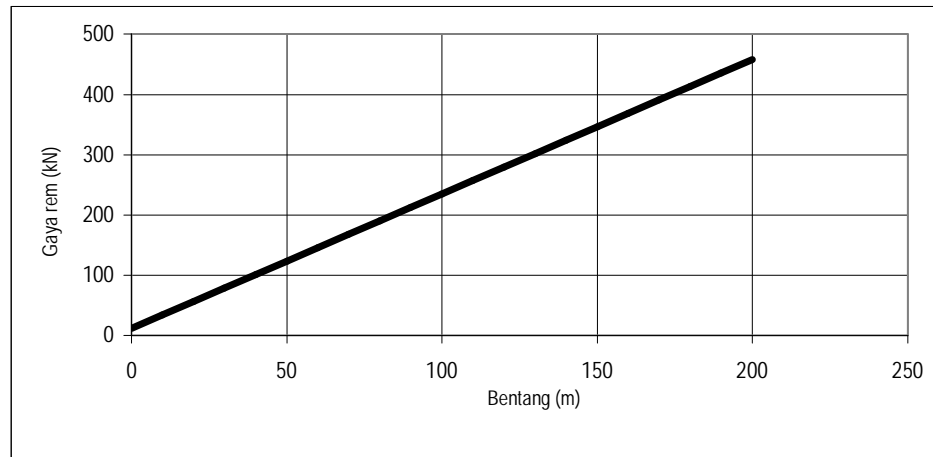
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TB;}$	$K_{U;TB;}$
Transien	1,0	1,8

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas (Tabel 11 dan Gambar 5), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus 1: $q = 9 \text{ kPa}$.

Dalam memperkirakan pengaruh gaya memanjang terhadap perletakan dan bangunan bawah jembatan, maka gesekan atau karakteristik perpindahan geser dari perletakan ekspansi dan kekakuan bangunan bawah harus diperhitungkan.

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka Faktor Beban Ultimit berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.



Gambar 9 Gaya rem per lajur 2,75 m (KBU)

6.8 Gaya sentrifugal

Tabel 15 Faktor beban akibat gaya sentrifugal

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TR;}$	$K_{U;TR;}$
Transien	1,0	1,8

Jembatan yang berada pada tikungan harus memperhitungkan bekerjanya suatu gaya horisontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,8 m di atas lantai kendaraan. Gaya horisontal tersebut harus sebanding dengan beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas (Tabel 11 dan Gambar 5), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis. Beban lajur D disini tidak boleh direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m. Untuk kondisi ini rumus 1; dimana $q = 9$ kPa berlaku.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR berlaku untuk gaya sentrifugal.

Gaya sentrifugal harus bekerja secara bersamaan dengan pembebanan "D" atau "T" dengan pola yang sama sepanjang jembatan.

Gaya sentrifugal ditentukan dengan rumus berikut:

$$T_{TR} = 0,79 \text{ Error! } T_T$$

(4)

dengan pengertian :

T_{TR} adalah gaya sentrifugal yang bekerja pada bagian jembatan

T_T adalah Pembebanan lalu lintas total yang bekerja pada bagian yang sama (T_{TR} dan T_T mempunyai satuan yang sama)

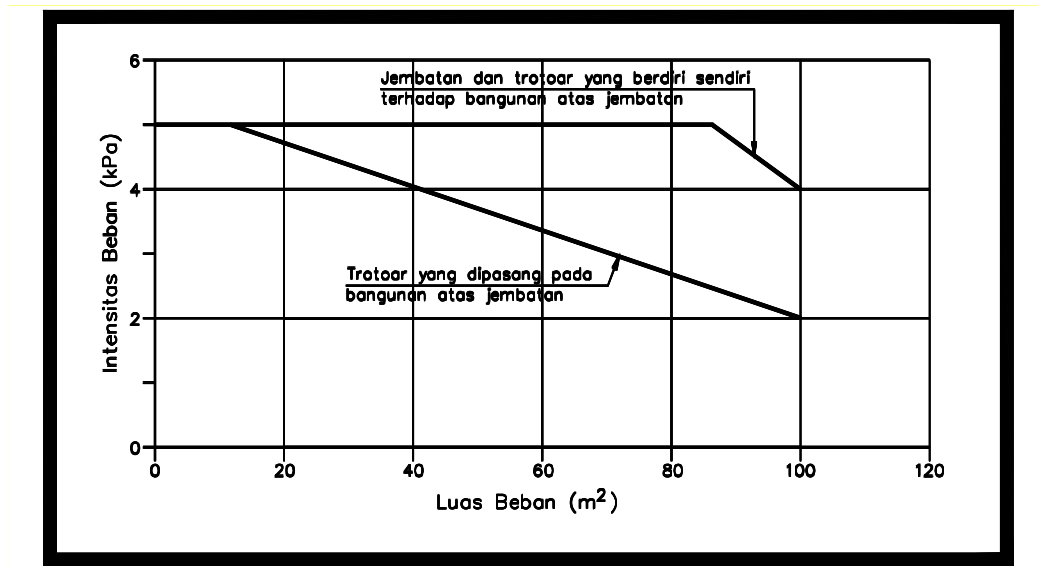
V adalah kecepatan lalu lintas rencana (km/jam)

r adalah jari-jari lengkungan (m)

6.9 Pembebanan untuk pejalan kaki

Tabel 16 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,TP}$	$K_{U,TP}$
Transien	1,0	1,8



Gambar 10 Pembebanan untuk pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa.

Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani seperti pada Gambar 10.

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit (lihat Tabel 39).

Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

6.10 Beban tumbukan pada penyangga jembatan

Tabel 17 Faktor beban akibat beban tumbukan pada penyangga jembatan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,TC}$	$K_{U,TC}$
Transien	1,0 (1)	1,0 (1)
CATATAN (1) Tumbukan harus dikaitkan kepada faktor beban ultimit ataupun daya layan		

Pilar yang mendukung jembatan yang melintas jalan raya, jalan kereta api dan navigasi sungai harus direncanakan mampu menahan beban tumbukan. Kalau tidak, pilar harus direncanakan untuk diberi pelindung.

Apabila pilar yang mendukung jembatan layang terletak dibelakang penghalang, maka pilar tersebut harus direncanakan untuk bisa menahan beban statis ekuivalen sebesar 100 kN yang bekerja membentuk sudut 10° dengan sumbu jalan yang terletak dibawah jembatan. Beban ini bekerja 1.8 m diatas permukaan jalan. Beban rencana dan beban mati rencana pada bangunan harus ditinjau sebagai batas daya layan.

6.10.1 Tumbukan dengan kapal

- 1) Risiko terjadinya tumbukan kapal dengan jembatan harus diperhitungkan dengan meninjau keadaan masing-masing lokasi untuk parameter berikut:
 - a) jumlah lalu lintas air;
 - b) tipe, berat dan ukuran kapal yang menggunakan jalan air;
 - c) kecepatan kapal yang menggunakan jalan air;
 - d) kecepatan arus dan geometrik jalan air disekitar jembatan termasuk pengaruh gelombang;
 - e) lebar dan tinggi navigasi dibawah jembatan, teristimewa yang terkait dengan lebar jalan air yang bisa dilalui;
 - f) pengaruh tumbukan kapal terhadap jembatan.
- 2) Sistem fender yang terpisah harus dipasang dalam hal-hal tertentu, dimana:
 - a) resiko terjadinya tumbukan sangat besar; dan
 - b) kemungkinan gaya tumbukan yang terjadi terlalu besar untuk dipikul sendiri oleh jembatan.
- 3) Sistem fender harus direncanakan dengan menggunakan metoda yang berdasarkan kepada penyerapan energi tumbukan akibat terjadinya deformasi pada fender. Metoda dan kriteria perencanaan yang digunakan harus mendapat persetujuan dari Instansi yang berwenang;
- 4) Fender harus mempunyai pengaku dalam arah horisontal untuk meneruskan gaya tumbukan keseluruh elemen penahan tumbukan. Bidang pengaku horisontal ini harus ditempatkan sedekat mungkin dengan permukaan dimana tumbukan akan terjadi. Jarak antara fender dengan pilar jembatan harus cukup sehingga tidak akan terjadi kontak apabila beban tumbukan bekerja;
- 5) Fender atau pilar tanpa fender harus direncanakan untuk bisa menahan tumbukan tanpa menimbulkan kerusakan yang permanen (pada batas daya layan). Ujung kepala fender, dimana energi kinetik paling besar yang terjadi akibat tumbukan diserap, harus diperhitungkan dalam keadaan batas ultimit.

7 Aksi lingkungan

7.1 Umum

Aksi lingkungan memasukkan pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya.

Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisa statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Perencana mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan.

7.2 Penurunan

Tabel 18 Faktor beban akibat penurunan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;;ES;}$	$K_{U;;ES;}$
Permanen	1,0	Tak bisa dipakai

Jembatan harus direncanakan untuk bisa menahan terjadinya penurunan yang diperkirakan, termasuk perbedaan penurunan, sebagai aksi daya layan. Pengaruh penurunan mungkin bisa dikurangi dengan adanya rangkai dan interaksi pada struktur tanah.

Penurunan dapat diperkirakan dari pengujian yang dilakukan terhadap bahan fondasi yang digunakan. Apabila perencana memutuskan untuk tidak melakukan pengujian akan tetapi besarnya penurunan diambil sebagai suatu anggapan, maka nilai anggapan tersebut merupakan batas atas dari penurunan yang bakal terjadi. Apabila nilai penurunan ini adalah besar, perencanaan bangunan bawah dan bangunan atas jembatan harus memuat ketentuan khusus untuk mengatasi penurunan tersebut.

7.3 Pengaruh temperatur / suhu

Tabel 19 Faktor beban akibat pengaruh temperatur/suhu

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;;ET;}$	$K_{U;;ET;}$
		<i>Biasa Terkurangi</i>
Transien	1,0	1,2 0,8

Tabel 20 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Tabel 21 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per °C	25.000
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per °C	34.000
Aluminium	24×10^{-6} per °C	70.000

Pengaruh temperatur dibagi menjadi:

- 1) variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai, dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut;

Variasi temperatur rata-rata berbagai tipe bangunan jembatan diberikan dalam Tabel 20. Besarnya harga koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas yang digunakan untuk menghitung besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi diberikan dalam Tabel 21.

Perencana harus menentukan besarnya temperatur jembatan rata-rata yang diperlukan untuk memasang sambungan siar muai, perletakan dan lain sebagainya, dan harus memastikan bahwa temperatur tersebut tercantum dalam gambar rencana.

- 2) variasi temperatur di dalam bangunan atas jembatan atau perbedaan temperatur disebabkan oleh pemanasan langsung dari sinar matahari diwaktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelepasan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan diwaktu malam. Gradien temperatur nominal arah vertikal untuk berbagai tipe bangunan atas diberikan dalam Gambar 11.

Pada tipe jembatan yang lebar mungkin diperlukan untuk meninjau gradien perbedaan temperatur dalam arah melintang.

7.4 Aliran air, benda hanyutan dan tumbukan dengan batang kayu

Tabel 22 Faktor beban akibat aliran air, benda hanyutan dan tumbukan dengan batang kayu

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;EF;}$	$K_{U;EF;}$
Transien	1.0	Lihat Tabel 23

- 1) Gaya seret nominal ultimit dan daya layan pada pilar akibat aliran air tergantung kepada kecepatan sebagai berikut:

$$T_{EF} = 0,5 C_D (V_s)^2 A_d \text{ [kN]} \quad (5)$$

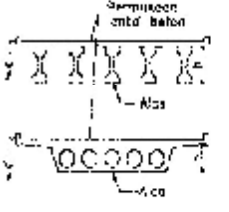
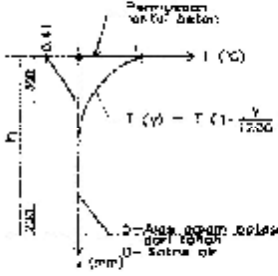

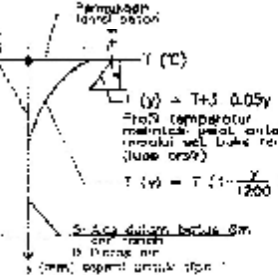
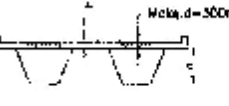
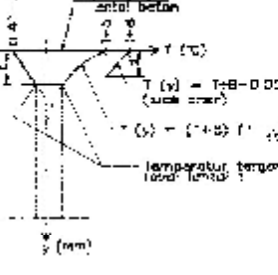
dengan pengertian :

V_s adalah kecepatan air rata-rata (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

Yang dimaksud dalam Pasal ini, kecepatan batas harus dikaitkan dgn periode ulang dalam Tabel 23.

C_D adalah koefisien seret - lihat Gambar 12.

A_d adalah luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran (m^2) dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran - lihat Gambar 13.

Tipe Jembatan	Penampang Tipikal	Gradien temperatur efektif
1. Bak beton dan pelat atau pelat		 <p> $T(y) = T_1 \left(1 - \frac{y}{1250}\right)^5$ T_1 - suhu beton bagian atas T_2 - suhu beton bagian bawah y - jarak dari permukaan atas beton (mm) </p>
2. Gelagar beton tipe boks		 <p> $T(y) = T_1 + 0.05y$ $T(y) = T_1 \left(1 - \frac{y}{1250}\right)^5$ T_1 - suhu beton bagian atas T_2 - suhu beton bagian bawah y - jarak dari permukaan atas beton (mm) </p>
3. Lantai beton pada rangka baja, pelat, boks atau gelagar I		 <p> $T(y) = T_1 + 0.05y$ $T(y) = T_1 \left(1 - \frac{y}{1250}\right)^5$ T_1 - suhu beton bagian atas T_2 - suhu beton bagian bawah y - jarak dari permukaan atas beton (mm) </p>

kuno : Gradien perbedaan temperatur positif
 Gradien perbedaan temperatur negatif

Catatan : Gradien temperatur untuk lantai berongga hanya berlaku untuk ketebalan lantai (termasuk fillet) dengan $d \leq 300$ mm. Oleh karena itu, suatu pelat lantai (atau sebagian) diatas rangka tipe boks dengan ketebalan > 300 mm harus menurut gradien temperatur efektif arah vertikal seperti terlihat dalam gambar.

Lokasi jembatan	T_p
Lebih kecil dari 500m diatas permukaan laut	12°C
Lebih besar dari 500m diatas permukaan laut	17°C

Gambar 11 Gradien perbedaan temperatur

Tabel 23 Periode ulang banjir untuk kecepatan air

Keadaan Batas	Periode Ulang Banjir	Faktor Beban
Daya layan - untuk semua jembatan	20 tahun	1.0
Ultimit:		
Jembatan besar dan penting (1)	100 tahun	2.0
Jembatan permanen	50 tahun	1.5
Gorong-gorong (2)	50 tahun	1.0
Jembatan sementara	20 tahun	1.5
CATATAN (1) Jembatan besar dan penting harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang		
CATATAN (2) Gorong-gorong tidak mencakup bangunan drainase		

- 2) Bila pilar tipe dinding membuat sudut dengan arah aliran, gaya angkat melintang akan semakin meningkat. Harga nominal dari gaya-gaya ini, dalam arah tegak lurus gaya seret, adalah:

$$T_{EF} = 0,5 C_D (V_s)^2 A_L \quad [\text{kN}] \quad (6)$$

dengan pengertian :

V_s adalah kecepatan air (m/dt) seperti didefinisikan dalam rumus (5)

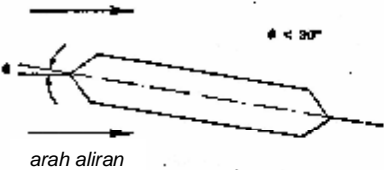
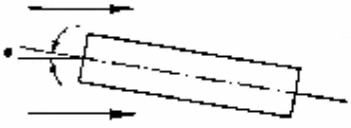
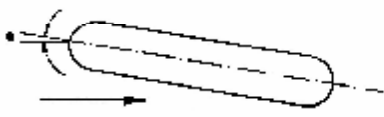
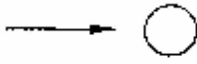
C_D adalah koefisien angkat - lihat Gambar 12

A_L adalah luas proyeksi pilar sejajar arah aliran (m^2), dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran - lihat Gambar 13.

- 3) Apabila bangunan atas dari jembatan terendam, koefisien seret (C_D) yang bekerja disekeliling bangunan atas, yang diproyeksikan tegak lurus arah aliran bisa diambil sebesar

$$C_D = 2,2 \quad (7)$$

kecuali apabila data yang lebih tepat tersedia, untuk jembatan yang terendam, gaya angkat akan meningkat dengan cara yang sama seperti pada pilar tipe dinding. Perhitungan untuk gaya-gaya angkat tersebut adalah sama, kecuali bila besarnya A_L diambil sebagai luas dari daerah lantai jembatan.

Bentuk Pilar	Koefisien Seret C_D	Koefisien Angkat C_L
 $\theta < 30^\circ$ arah aliran	0.8	θ C_L 0° 0 5° 0.5 10° 0.9 20° 0.9 $\geq 30^\circ$ 1.0
 $\theta < 30^\circ$	1.4	
 $\theta < 30^\circ$	0.7	
 arah aliran	0.7	Tidak bisa dipakai

Gambar 12 Koefisien seret dan angkat untuk bermacam-macam bentuk pilar

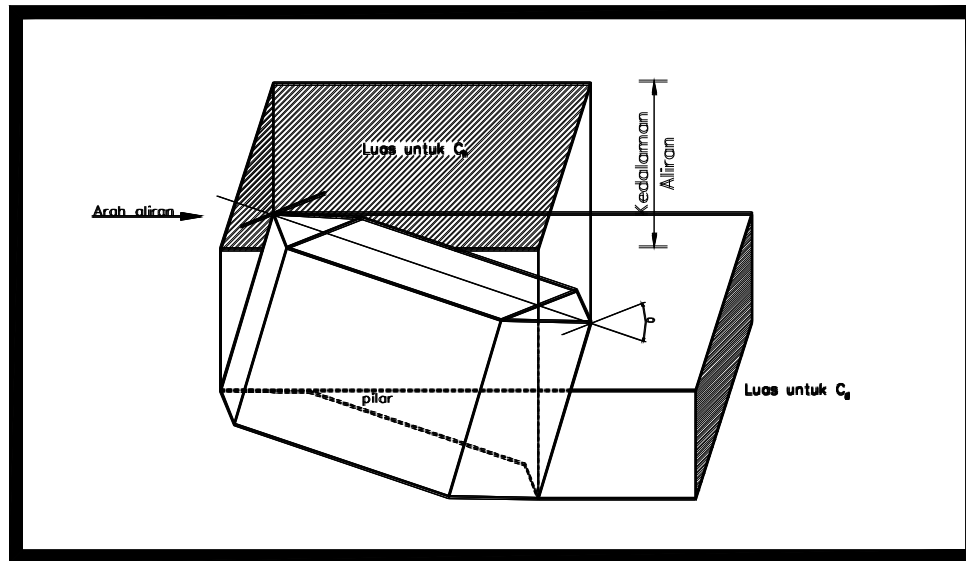
- 4) **Gaya akibat benda hanyutan** dihitung dengan menggunakan persamaan (5) dengan :

$$C_D = 1,04 \quad (8)$$

A_D = luas proyeksi benda hanyutan tegak lurus arah aliran (m^2)

Jika tidak ada data yang lebih tepat, luas proyeksi benda hanyutan bisa dihitung seperti berikut:

- untuk jembatan dimana permukaan air terletak dibawah bangunan atas, luas benda hanyutan yang bekerja pada pilar dihitung dengan menganggap bahwa kedalaman minimum dari benda hanyutan adalah 1,2 m dibawah muka air banjir. Panjang hamparan dari benda hanyutan diambil setengahnya dari jumlah bentang yang berdekatan atau 20m, diambil yang terkecil dari kedua harga ini.
- untuk jembatan dimana bangunan atas terendam, kedalaman benda hanyutan diambil sama dengan kedalaman bangunan atas termasuk sandaran atau penghalang lalu lintas ditambah minimal 1,2 m. Kedalaman maksimum benda hanyutan boleh diambil 3 m kecuali apabila menurut pengalaman setempat menunjukkan bahwa hamparan dari benda hanyutan dapat terakumulasi. Panjang hamparan benda hanyutan yang bekerja pada pilar diambil setengah dari jumlah bentang yang berdekatan.



Gambar 13 Luas proyeksi pilar untuk gaya-gaya aliran

- 5) **Gaya akibat tumbukan dengan batang kayu** dihitung dengan menganggap bahwa batang dengan massa minimum sebesar 2 ton hanyut pada kecepatan aliran rencana harus bisa ditahan dengan gaya maksimum berdasarkan lendutan elastis ekuivalen dari pilar dengan rumus

$$T_{EF} = \text{Error! [kN]} \quad (9)$$

dengan pengertian :

M adalah massa batang kayu = 2 ton

V_a adalah kecepatan air permukaan (m/dt) pada keadaan batas yang ditinjau.

Dalam hal tidak adanya penyelidikan yang terperinci mengenai bentuk diagram kecepatan dilokasi jembatan, V_a bisa diambil 1,4 kali kecepatan rata-rata V_s .

d adalah lendutan elastis ekuivalen (m) - lihat Tabel 24

Tabel 24 Lendutan ekuivalen untuk tumbukan batang kayu

Tipe Pilar	d (m)
Pilar beton masif	0.075
Tiang beton perancah	0.150
Tiang kayu perancah	0.300

Gaya akibat tumbukan kayu dan benda hanyutan lainnya jangan diambil secara bersamaan. Tumbukan batang kayu harus ditinjau secara bersamaan dengan gaya angkat dan gaya seret. Untuk kombinasi pembebanan, tumbukan batang kayu harus ditinjau sebagai aksi transien.

7.5 Tekanan hidrostatik dan gaya apung

Tabel 25 Faktor beban akibat tekanan hidrostatik dan gaya apung

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;EU}$	$K_{U;EU}$
		Biasa Terkurangi
Transien	1.0	1.0 (1.1) 1.0 (0.9)
CATATAN (1) Angka yang ditunjukkan dalam tanda kurung digunakan untuk bangunan penahan air atau bangunan lainnya dimana gaya apung dan hidrostatik sangat dominan		

- 1) Permukaan air rendah dan tinggi harus ditentukan selama umur bangunan dan digunakan untuk menghitung tekanan hidrostatik dan gaya apung. Dalam menghitung pengaruh tekanan hidrostatik, kemungkinan adanya gradien hidrolis yang melintang bangunan harus diperhitungkan;
- 2) Bangunan penahan-tanah harus direncanakan mampu menahan pengaruh total dari air tanah kecuali jika timbunan betul-betul bisa mengalirkan air. Sistem drainase demikian bisa merupakan irisan dari timbunan yang mudah mengalirkan air dibelakang dinding, dengan bagian belakang dari irisan naik dari dasar dinding pada sudut maksimum 60° dari arah horisontal;
- 3) Pengaruh daya apung harus ditinjau terhadap bangunan atas yang mempunyai rongga atau lobang dimana kemungkinan udara terjebak, kecuali apabila ventilasi udara dipasang. Daya apung harus ditinjau bersamaan dengan gaya akibat aliran. Dalam memperkirakan pengaruh daya apung, harus ditinjau beberapa ketentuan sebagai berikut:
 - a) pengaruh daya apung pada bangunan bawah (termasuk tiang) dan beban mati bangunan atas;
 - b) syarat-syarat sistem ikatan dari bangunan atas;
 - c) syarat-syarat drainase dengan adanya rongga-rongga pada bagian dalam supaya air bisa keluar pada waktu surut.

7.6 Beban angin

Tabel 26 Faktor beban akibat beban angin

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;EW}$	$K_{U;EW}$
Transien	1,0	1,2

- 1) Pasal ini tidak berlaku untuk jembatan yang besar atau penting, seperti yang ditentukan oleh Instansi yang berwenang. Jembatan-jembatan yang demikian harus diselidiki secara khusus akibat pengaruh beban angin, termasuk respon dinamis jembatan;

- 2) Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad [\text{kN}] \quad (10)$$

dengan pengertian :

V_w adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w adalah koefisien seret - lihat Tabel 27

A_b adalah luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam Tabel 28.

- 3) Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar;

- 4) Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas;

Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b \quad [\text{kN}] \quad (11)$$

dengan pengertian :

$$C_w = 1.2 \quad (12)$$

Tabel 27 Koefisien seret C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b / d bisa di interpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

Tabel 28 Kecepatan angin rencana V_w

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

7.7 Pengaruh gempa

Tabel 29 Faktor beban akibat pengaruh gempa

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;EQ;}$	$K_{U;EQ;}$
Transien	Tak dapat digunakan	1.0

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit.

7.7.1 Beban horizontal statis ekuivalen

Pasal ini menetapkan metoda untuk menghitung beban statis ekuivalen untuk jembatan-jembatan dimana analisa statis ekuivalen adalah sesuai. Untuk jembatan besar, rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis. Lihat standar perencanaan beban gempa untuk jembatan (Pd.T.04.2004.B). Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut:

$$T_{EQ}^* = K_h / W_T \quad (13)$$

dimana:

$$K_h = C S \quad (14)$$

dengan pengertian :

T_{EQ}^* adalah Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)
 K_h adalah Koefisien beban gempa horisontal
 C adalah Koefisien geser dasar untuk daerah , waktu dan kondisi setempat yang sesuai
 I adalah Faktor kepentingan
 S adalah Faktor tipe bangunan
 W_T adalah Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

Koefisien geser dasar C diperoleh dari Gambar 14 dan sesuai dengan daerah gempa, fleksibilitas tanah dibawah permukaan dan waktu getar bangunan. Gambar 15 digunakan untuk menentukan pembagian daerah.

Kondisi tanah dibawah permukaan dicantumkan berupa garis dalam Gambar 14 dan digunakan untuk memperoleh koefisien geser dasar. Kondisi tanah dibawah permukaan didefinisikan sebagai teguh, sedang dan lunak sesuai dengan kriteria yang tercantum dalam Tabel 30. Untuk lebih jelasnya, perubahan titik pada garis dalam Gambar 14 diberikan dalam Tabel 31.

Waktu dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan dan fleksibilitas dari sistem fondasi.

Untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana, rumus berikut bisa digunakan:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{K_p}} \quad (15)$$

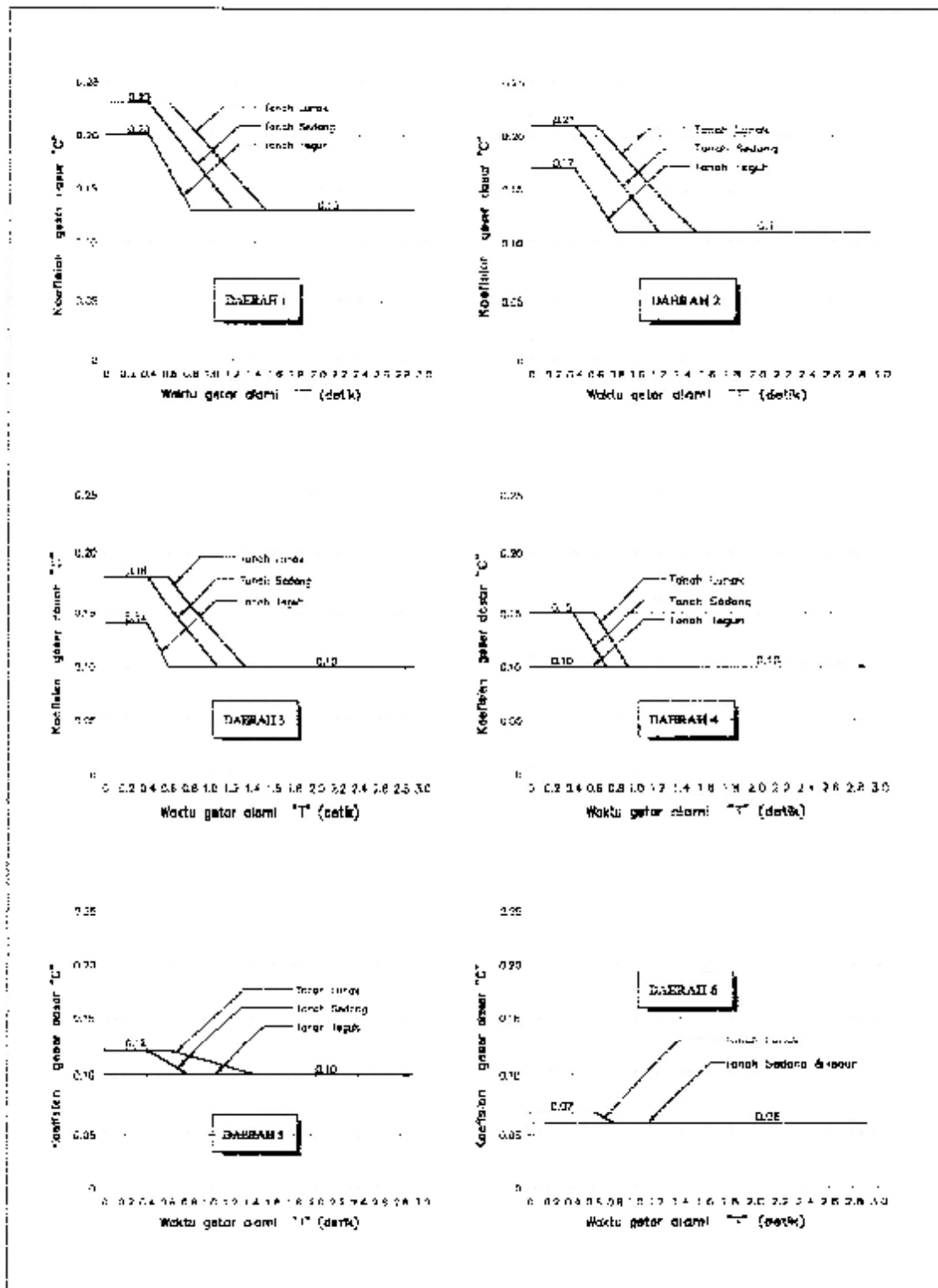
dengan pengertian :

T adalah waktu getar dalam detik untuk *free body* pilar dengan derajat kebebasan tunggal pada jembatan bentang sederhana
 g adalah percepatan gravitasi (m/dt^2)
 W_{TP} adalah berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat dari pilar (bila perlu dipertimbangkan) (kN)
 K_p adalah kekakuan gabungan sebagai gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar (kN/m)

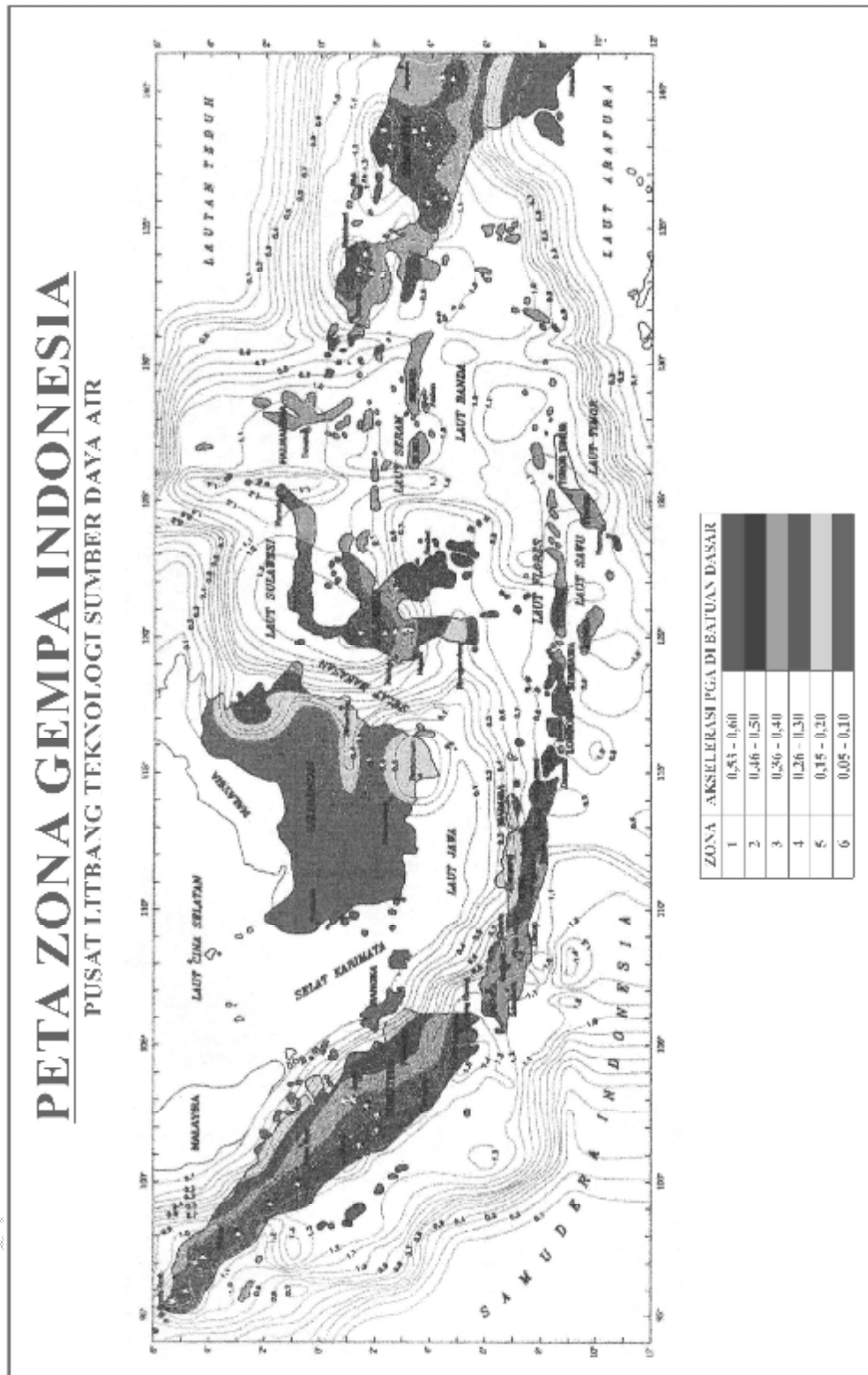
Perhatikan bahwa jembatan biasanya mempunyai waktu getar yang berbeda pada arah memanjang dan melintang sehingga beban rencana statis ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing-masing arah.

Faktor kepentingan I ditentukan dari Tabel 32. Faktor lebih besar memberikan frekuensi lebih rendah dari kerusakan bangunan yang diharapkan selama umur jembatan.

Faktor tipe bangunan S yang berkaitan dengan kapasitas penyerapan energi (kekenyalan) dari jembatan, diberikan dalam Tabel 33.



Gambar 14 Koefisien geser dasar (C) plastis untuk analisis statis



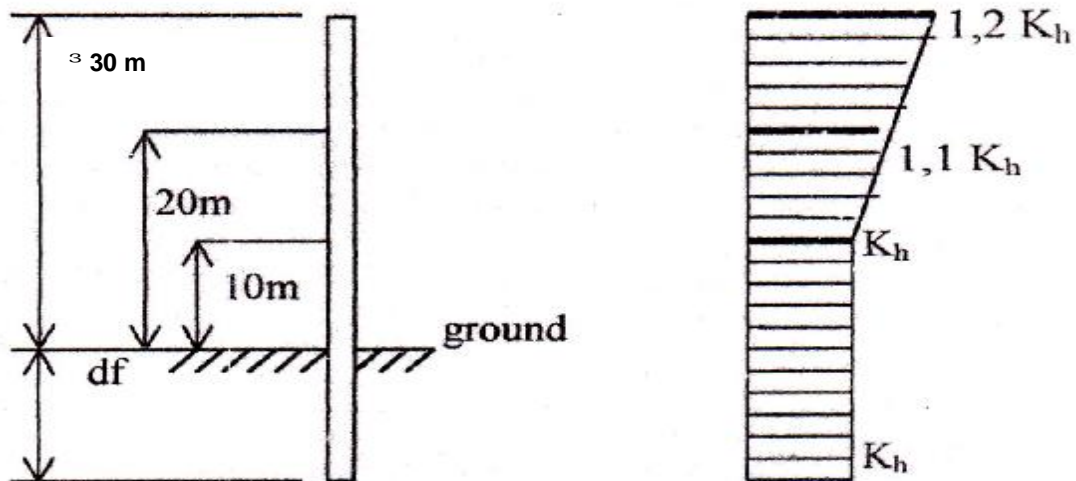
Gambar 15 Wilayah gempa Indonesia untuk periode ulang 500 tahun

Tabel 30 Kondisi tanah untuk koefisien geser dasar

Jenis Tanah	Tanah Teguh	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Untuk seluruh jenis tanah	≤ 3 m	> 3 m sampai 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata tidak melebihi 50 kPa:	≤ 6 m	> 6 m sampai 25 m	> 25 m
Pada tempat dimana hamparan tanah salah satunya mempunyai sifat kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata lebih besar dari 100 kPa, atau tanah berbutir yang sangat padat:	≤ 9 m	> 9 m sampai 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata tidak melebihi 200 kPa:	≤ 12 m	> 12 m sampai 30 m	> 30 m
Untuk tanah berbutir dengan ikatan matrik padat:	≤ 20 m	> 20 m sampai 40 m	> 40 m
CATATAN (1) Ketentuan ini harus digunakan dengan mengabaikan apakah tiang pancang diperpanjang sampai lapisan tanah keras yang lebih dalam			

7.7.2 Ketentuan-ketentuan khusus untuk pilar tinggi

Untuk pilar tinggi berat pilar dapat menjadi cukup besar untuk mengubah respons bangunan akibat gerakan gempa, maka beban statis ekuivalen arah horisontal pada pilar harus disebarkan sesuai dengan Gambar 16.



Gambar 16 Beban gempa pada pilar tinggi

7.7.3 Beban vertikal statis ekuivalen

Kecuali seperti yang dicantumkan dalam Pasal ini, gaya vertikal akibat gempa boleh diabaikan.

Untuk perencanaan perletakan dan sambungan, gaya gempa vertikal dihitung dengan menggunakan percepatan vertikal (keatas atau kebawah) sebesar 0.1 g, yang harus bekerja secara bersamaan dengan gaya horisontal yang dihitung dalam Pasal 7.7.1. Gaya ini jangan dikurangi oleh berat sendiri jembatan dan bangunan pelengkapanya. Gaya gempa vertikal bekerja pada bangunan berdasarkan pembagian massa, dan pembagian gaya gempa antara bangunan atas dan bangunan bawah harus sebanding dengan kekakuan relatif dari perletakan atau sambungannya.

Tabel 31 Titik belok untuk garis dalam gambar 14

Daerah No.	"T"	"C"	"T"	"C"	"T"	"C"
1	0,40	0,20	0,40	0,23	0,60	0,23
	0,80	0,13	1,20	0,13	1,50	0,13
2	0,40	0,17	0,40	0,21	0,60	0,21
	0,70	0,11	1,10	0,11	1,70	0,11
3	0,40	0,14	0,40	0,18	0,55	0,18
	0,60	0,10	0,90	0,10	1,30	0,10
4	-	0,10	0,40	0,15	0,60	0,15
			0,75	0,10	0,95	0,10
5	-	0,10	0,40	0,12	0,60	0,12
			0,80	0,10	1,50	0,10
6	-	0,06	-	0,06	0,60	0,07
					0,80	0,06

Tabel 32 Faktor kepentingan

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: <i>Bailey</i>) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Tabel 33 Faktor tipe bangunan

Tipe Jembatan (1)	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial (2)	Prategang Penuh (2)
Tipe A (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe B (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe C	3,0	3,0	3,0
<p>CATATAN (1) Jembatan mungkin mempunyai tipe bangunan yang berbeda pada arah melintang dan memanjang, dan tipe bangunan yang sesuai harus digunakan untuk masing-masing arah.</p> <p>CATATAN (2) Yang dimaksud dalam tabel ini, beton prategang parsial mempunyai prapenegangan yang cukup untuk kira-kira mengimbangi pengaruh dari beban tetap rencana dan selebihnya diimbangi oleh tulangan biasa. Beton prategang penuh mempunyai prapenegangan yang cukup untuk mengimbangi pengaruh beban total rencana.</p> <p>CATATAN (3) F = Faktor perangkaan $= 1,25 - 0,025 n$; $F \geq 1,00$ n = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian monolit dari jembatan yang berdiri sendiri-sendiri (misalnya : bagian-bagian yang dipisahkan oleh sambungan siar muai yang memberikan keleluasan untuk bergerak dalam arah lateral secara sendiri-sendiri)</p> <p>CATATAN (4) Tipe A : jembatan daktail (bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah) Tipe B : jembatan daktail (bangunan atas terpisah dengan bangunan bawah) Tipe C : jembatan tidak daktail (tanpa sendi plastis)</p>			

Kantilever horisontal harus direncanakan untuk percepatan arah vertikal (ke atas atau ke bawah) sebesar 0,1 g. Beban keatas jangan dikurangi oleh berat sendiri kantilever dan bangunan pelengkapanya.

7.7.4 Tekanan tanah lateral akibat gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan tanah (tekanan tanah dinamis) dihitung dengan menggunakan faktor harga dari sifat bahan (faktor seperti yang diberikan dalam Tabel 8), koefisien geser dasar C diberikan dalam Tabel 34 dan faktor kepentingan I diberikan dalam Tabel 32. Faktor tipe struktur S untuk perhitungan k_h harus diambil sama dengan 1,0. Pengaruh dari percepatan tanah arah vertikal bisa diabaikan.

Tabel 34 Koefisien geser dasar untuk tekanan tanah lateral

Daerah Gempa (1)	Koefisien Geser Dasar C		
	Tanah Teguh (2)	Tanah Sedang (2)	Tanah Lunak (2)
1	0,20	0,23	0,23
2	0,17	0,21	0,21
3	0,14	0,18	0,18
4	0,10	0,15	0,15
5	0,07	0,12	0,12
6	0,06	0,06	0,07
CATATAN (1) Daerah gempa bisa dilihat dalam Gambar 14.			
CATATAN (2) Definisi dari teguh, sedang dan lunak dari tanah di bawah permukaan diberikan dalam Tabel 30.			

7.7.5 Bagian tertanam dari jembatan

Bila bagian-bagian jembatan, seperti pangkal, adalah tertanam, faktor tipe bangunan, S , yang akan digunakan dalam menghitung beban statis ekuivalen akibat massa bagian tertanam, harus ditentukan sebagai berikut:

- bila bagian tertanam dari struktur dapat menahan simpangan horisontal besar (konsisten dengan gerakan gempa) sebelum runtuh, dan sisa struktur dapat mengikuti simpangan tersebut, maka S untuk bagian tertanam harus diambil sebesar 1,0;
- bila bagian tertanam dari struktur tidak dapat menahan simpangan horisontal besar, atau bila sisa struktur tidak dapat mengikuti simpangan tersebut, maka S untuk bagian tertanam harus diambil sebesar 3,0.

Koefisien geser dasar, C , untuk bagian-bagian tertanam dari struktur, harus sesuai dengan Tabel 34.

7.7.6 Tekanan air lateral akibat gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan air ditentukan dalam Tabel 35. Gaya ini dianggap bekerja pada bangunan pada kedalaman sama dengan setengah dari kedalaman air rata-rata.

Ketinggian permukaan air yang digunakan untuk menentukan kedalaman air rata-rata harus sesuai dengan:

- untuk arus yang mengalir, ketinggian yang diambil dalam perencanaan adalah yang terlampaui untuk rata-rata enam bulan untuk setiap tahun;
- untuk arus pasang, diambil ketinggian permukaan air rata-rata.

Tabel 35 Gaya air lateral akibat gempa

Tipe Bangunan		Gaya Air Horisontal
Bangunan tipe dinding yg menahan air pd satu sisi		$0,58 K_h I w_o b h^2$
	$b/h \leq 2$	$0,75 K_h I w_o b^2 h [1 - b / (4h)]$
Kolom, dimana:	$2 < b/h \leq 3,1$	$1,17 K_h I w_o b h^2$
	$3,1 < b/h$	$0,38 K_h I w_o b^2 h$

dengan pengertian :

K_h adalah koefisien pembebanan gempa horisontal, seperti didefinisikan dalam rumus (14)

I adalah faktor kepentingan dari Tabel 32

w_o adalah berat isi air, bisa diambil $9,8 \text{ kN/m}^3$

b adalah lebar dinding diambil tegak lurus dari arah gaya (m)

h adalah kedalaman air (m)

8 Aksi-aksi lainnya

8.1 Gesekan pada perletakan

Tabel 36 Faktor beban akibat gesekan pada perletakan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;FB;}$	$K_{U;FB;}$
		Biasa Terkurangi
Transien	1,0	1,3 0,8
CATATAN (1) Gaya akibat gesekan pada perletakan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar		

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung dengan menggunakan hanya beban tetap, dan harga rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekakuan geser apabila menggunakan perletakan elastomer).

8.2 Pengaruh getaran

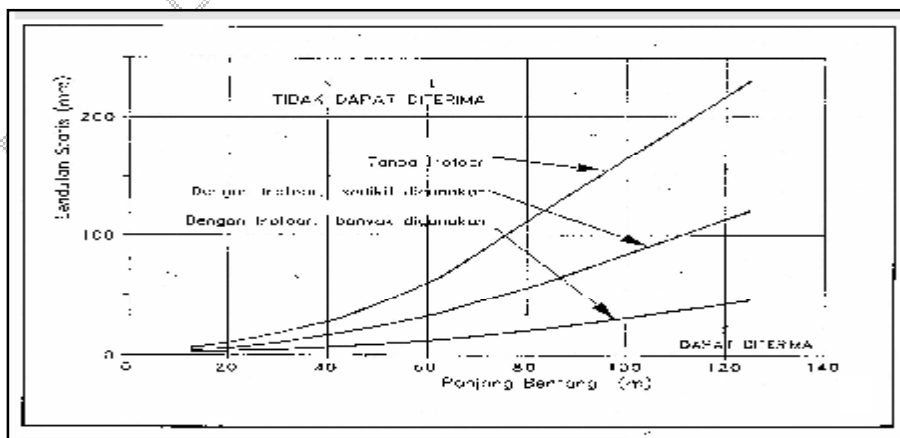
8.2.1 Umum

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat diatas jembatan dan akibat pejalan kaki pada jembatan penyeberangan merupakan keadaan batas daya layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidak nyamanan seperti halnya keamanan bangunan.

8.2.2 Jembatan

Getaran pada jembatan harus diselidiki untuk keadaan batas daya layan terhadap getaran. Satu lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan "beban lajur D", dengan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang agar diperoleh lendutan statis maksimum pada trotoar. Lendutan ini jangan melampaui apa yang diberikan dalam Gambar 17. untuk mendapatkan tingkat kegunaan pada pejalan kaki.

Walaupun Pasal ini mengizinkan terjadinya lendutan statis yang relatif besar akibat beban hidup, perencana harus menjamin bahwa syarat-syarat untuk kelelahan bahan dipenuhi.



Gambar 17 Lendutan statis maksimum untuk jembatan

8.2.3 Jembatan penyeberangan

Getaran pada bangunan atas untuk jembatan penyeberangan harus diselidiki pada keadaan batas daya layan.

Perilaku dinamis dari jembatan penyeberangan harus diselidiki secara khusus. Penyelidikan yang khusus ini tidak diperlukan untuk jembatan penyeberangan apabila memenuhi batasan-batasan sebagai berikut:

- a) perbandingan antara bentang dengan ketebalan dari bangunan atas kurang dari 30. Untuk jembatan menerus, bentang harus diukur sebagai jarak antara titik-titik lawan lendut untuk beban mati.
- b) frekuensi dasar yang dihitung untuk getaran pada bangunan atas jembatan yang terlentur harus lebih besar dari 3 Hz. Apabila frekuensi yang lebih rendah tidak bisa dihindari, ketentuan dari butir c berikut bisa digunakan.
- c) apabila getaran jembatan terlentur mempunyai frekuensi dasar yang dihitung kurang dari 3 Hz, lendutan statis maksimum jembatan dengan beban 1,0 kN harus kurang dari 2 mm.

8.2.4 Masalah getaran untuk bentang panjang atau bangunan yang lentur

Perilaku dinamis jembatan dengan bentang lebih besar dari 100 m, jembatan gantung dan struktur kabel (*cable stayed*) akibat kendaraan, angin atau beban lainnya harus memperoleh penyelidikan yang khusus.

8.3 Beban pelaksanaan

Beban pelaksanaan terdiri dari:

- a) beban yang disebabkan oleh aktivitas pelaksanaan itu sendiri dan;
- b) aksi lingkungan yang mungkin timbul selama waktu pelaksanaan.

Perencana harus membuat toleransi untuk berat perancah atau yang mungkin akan dipikul oleh bangunan sebagai hasil dari metoda atau urutan pelaksanaan.

Perencana harus memperhitungkan adanya gaya yang timbul selama pelaksanaan dan stabilitas serta daya tahan dari bagian-bagian komponen.

Apabila rencana tergantung pada metoda pelaksanaan, struktur harus mampu menahan semua beban pelaksanaan secara aman. Ahli Teknik Perencana harus menjamin bahwa tercantum cukup detail ikatan dalam gambar untuk menjamin stabilitas struktur pada semua tahap pelaksanaan. Cara dan urutan pelaksanaan, dan tiap tahanan yang terdapat dalam rencana, harus didetail dengan jelas dalam gambar dan spesifikasi.

Selama waktu pelaksanaan jembatan, tiap aksi lingkungan dapat terjadi bersamaan dengan beban pelaksanaan. Ahli Teknik Perencana harus menentukan tingkat kemungkinan kejadian demikian dan menggunakan faktor beban sesuai untuk aksi lingkungan yang bersangkutan.

Adalah tidak perlu untuk mempertimbangkan pengaruh gempa selama pelaksanaan konstruksi.

9 Kombinasi beban

9.1 Umum

Bab ini terbatas pada kombinasi gaya untuk keadaan batas daya layan dan keadaan batas ultimit. Kombinasi untuk perencanaan tegangan kerja diberikan dalam Bab 10.

Aksi rencana digolongkan kedalam aksi tetap dan transien, seperti terlihat dalam Tabel 37. Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan.

Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai.

Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau berkurang. Disini keadaan paling berbahaya harus diambil.

Tabel 37 Tipe aksi rencana

Aksi Tetap		Aksi Transien	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Berat sendiri	P_{MS}	Beban lajur "D"	T_{TD}
Beban mati tambahan	P_{MA}	Beban truk "T"	T_{TT}
Penyusutan/rangkak	P_{SR}	Gaya rem	T_{TB}
Prategang	P_{PR}	Gaya sentrifugal	T_{TR}
Pengaruh pelaksanaan tetap	P_{PL}	Beban pejalan kaki	T_{TP}
Tekanan tanah	P_{TA}	Beban tumbukan	T_{TC}
Penurunan	P_{ES}	Beban angin	T_{EW}
		Gempa	T_{EQ}
		Getaran	T_{VI}
		Gesekan pada perletakan	T_{BF}
		Pengaruh temperatur	T_{ET}
		Arus/hanyutan/tumbukan	T_{EF}
		Hidro/daya apung	T_{EU}
		Beban pelaksanaan	T_{CL}

9.2 Pengaruh umur rencana

Faktor beban untuk keadaan batas ultimit didasarkan kepada umur rencana jembatan 50 tahun. Untuk jembatan dengan umur rencana yang berbeda, faktor beban ultimit harus diubah dengan menggunakan faktor pengali seperti yang diberikan dalam Tabel 38.

Tabel 38 Pengaruh umur rencana pada faktor beban ultimit

Klasifikasi Jembatan	Umur Rencana	Kalikan K^U Dengan -	
		Aksi Tetap	Aksi Transien
Jembatan sementara	20 tahun	1,0	0,87
Jembatan biasa	50 tahun	1,0	1,00
Jembatan khusus	100 tahun	1,0	1,10

9.3 Kombinasi untuk aksi tetap

Seluruh aksi tetap yang sesuai untuk jembatan tertentu diharapkan bekerja bersama-sama. Akan tetapi, apabila aksi tetap bekerja mengurangi pengaruh total, kombinasi beban harus diperhitungkan dengan menghilangkan aksi tersebut, apabila kehilangan tersebut bisa diterima.

9.4 Perubahan aksi tetap terhadap waktu

Beberapa aksi tetap, seperti halnya beban mati tambahan P_{MA} , penyusutan dan rangkai P_{SR} , pengaruh prategang P_{PR} dan pengaruh penurunan P_{ES} bisa berubah perlahan-lahan berdasarkan kepada waktu. Kombinasi beban yang diambil termasuk harga maksimum dan minimum dari semua aksi untuk menentukan pengaruh total yang paling berbahaya.

9.5 Kombinasi pada keadaan batas daya layan

Kombinasi pada keadaan batas daya layan primer terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap (Pasal 9.3) dengan satu aksi transien.

Pada keadaan batas daya layan, lebih dari satu aksi transien bisa terjadi secara bersamaan.

Faktor beban yang sudah dikurangi diterapkan dalam hal ini untuk mengurangi kemungkinan dari peristiwa ini, seperti diberikan dalam Tabel 39. Kombinasi beban yang lazim bisa dilihat dalam Tabel 40.

Tabel 39 Kombinasi beban untuk keadaan batas daya layan

Kombinasi primer	Aksi tetap (Pasal 10.3) + satu aksi transien (cat.1), (cat.2)
Kombinasi sekunder	Kombinasi primer + $0,7 \times$ (satu aksi transien lainnya)
Kombinasi tersier	Kombinasi primer + $0,5 \times$ (dua atau lebih aksi transien)
<p>CATATAN (1) Beban lajur "D" yaitu T_{TD} atau beban truk "T" yaitu T_{TT} diperlukan untuk membangkitkan gaya rem T_{TB} dan gaya sentrifugal T_{TR} pada jembatan. Tidak ada faktor pengurangan yang harus digunakan apabila T_{TB} atau T_{TR} terjadi dalam kombinasi dengan T_{TD} atau T_{TT} sebagai kombinasi primer.</p> <p>CATATAN (2) Gesekan pada perletakan T_{BF} bisa terjadi bersamaan dengan pengaruh temperatur T_{ET} dan harus dianggap sebagai satu aksi untuk kombinasi beban.</p>	

9.6 Kombinasi pada keadaan batas ultimit

Kombinasi pada keadaan batas ultimit terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap (Pasal 9.3) dengan satu pengaruh transien.

Gaya rem T_{TB} atau gaya sentrifugal T_{TR} bisa digabungkan dengan pembebanan lajur "D" yaitu T_{TD} atau pembebanan truk "T" yaitu T_{TT} , dan kombinasinya bisa dianggap sebagai satu aksi untuk kombinasi beban (lihat Pasal 6.7). Gesekan pada perletakan T_{BF} dan pengaruh temperatur T_{ET} bisa juga digabungkan dengan cara yang sama.

Pada keadaan batas ultimit, tidak diadakan aksi transien lain untuk kombinasi dengan aksi gempa.

Beberapa aksi kemungkinan dapat terjadi pada tingkat daya layan pada waktu yang sama dengan aksi lainnya yang terjadi pada tingkat ultimit. Kemungkinan terjadinya kombinasi seperti ini harus diperhitungkan, tetapi hanya satu aksi pada tingkat daya layan yang dimasukkan pada kombinasi pembebanan.

Ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam Tabel 40.

Tabel 40 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen : Berat sendiri Beban mati tambahan Susut rangkang Pratekan Pengaruh beban tetap pelaksanaan Tekanan tanah Penurunan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aksi Transien : Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o	o		X	o		o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X		o
Aksi Khusus : Gempa											X	
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
" X " berarti beban yang selalu aktif " O " berarti beban yang boleh di kombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL (2) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL						Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL					

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayakan dan ultimit adalah sebagai berikut :

- 1) perencanaan harus bisa mengenali dan memperhitungkan tiap kombinasi beban yang tidak tercantum dalam tabel untuk mana jembatan-jembatan tertentu mungkin menjadi kritis. Untuk masing-masing kombinasi beban, seluruh aksi yang wajar terjadi bersamaan sudah dimasukkan. Disamping itu perencanaan harus menghitung pengaruh pada kombinasi beban akibat tidak memasukkan salah satu aksi yang memberi kontribusi dengan catatan aksi tersebut secara wajar bisa diabaikan;
- 2) dalam keadaan batas daya layan pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda X untuk kombinasi tertentu dimasukkan dengan faktor beban daya layan penuh. Butir dengan tanda o dimasukkan dengan faktor beban daya layan yang sudah diturunkan harganya. Lihat Pasal 9.5;
- 3) dalam keadaan batas ultimit pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda X untuk kombinasi tertentu dimasukkan dengan faktor beban ultimit penuh. Butir dengan tanda o dimasukkan dengan harga yang sudah diturunkan yang besarnya sama dengan beban daya layan. Lihat Pasal 9.6;
- 4) beberapa aksi tetap bisa berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian harus dihitung dengan harga rencana maksimum dan minimum untuk menentukan pengaruh yang paling berbahaya;
- 5) tingkat keadaan batas dari gaya sentrifugal dan gaya rem tidak terjadi secara bersamaan. Lihat juga Pasal 6.7 untuk faktor beban ultimit berkurang untuk beban lalu lintas vertikal dalam kombinasi dengan gaya rem;
- 6) pengaruh temperatur termasuk pengaruh perbedaan temperatur di dalam jembatan, dan pengaruh perubahan temperatur pada seluruh jembatan. Gesekan pada perletakan sangat erat kaitannya dengan pengaruh temperatur akan tetapi arah aksi dari gesekan pada perletakan akan berubah, tergantung kepada arah pergerakan dari perletakan atau dengan kata lain, apakah temperatur itu naik atau turun. Pengaruh temperatur tidak mungkin kritis pada keadaan batas ultimit kecuali bersamaan dengan aksi lainnya. Dengan demikian temperatur hanya ditinjau sebagai kontribusi pada tingkat daya layan;
- 7) gesekan pada perletakan harus ditinjau bila sewaktu-waktu aksi lainnya memberikan pengaruh yang cenderung menyebabkan gerakan arah horisontal pada perletakan tersebut;
- 8) semua pengaruh dari air dapat dimasukkan bersama-sama;
- 9) pengaruh gempa hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit ;
- 10) beban tumbukan mungkin merupakan beban daya layan atau beban ultimit, lihat Pasal 6.10 untuk lebih jelasnya ;
- 11) pengaruh getaran hanya digunakan dalam keadaan batas daya layan.

10 Tegangan kerja rencana

10.1 Umum

Dalam perencanaan tegangan kerja, beban nominal bekerja pada jembatan dan satu faktor keamanan digunakan untuk menghitung besarnya penurunan kekuatan atau perlawanan dari komponen bangunan. Untuk perencanaan yang baik, hubungan berikut harus dipenuhi

$$S^* \leq R^*_{ws} \quad (16)$$

dengan pengertian :

S^* adalah pengaruh aksi rencana, yang diberikan oleh:

$$S^* = \sum S \quad (17)$$

dengan pengertian :

S adalah pengaruh aksi nominal

dan:

R_{ws}^* adalah perlawanan atau kekuatan rencana yang diberikan dalam rumus:

$$R_{ws}^* = \text{Error! } R_{ws} \quad (18)$$

dengan pengertian :

R_{ws} adalah perlawanan atau kekuatan nominal berdasarkan tegangan kerja izin dan

r_{os} adalah tegangan berlebihan yang diperbolehkan yang diberikan dalam Pasal 10.4.

10.2 Aksi nominal

Aksi nominal yang digunakan dalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja tercantum dalam Bab 5, 6, 7 dan Pasal 8.3. Pengaruh getaran juga harus dicek berdasarkan Pasal 8.2.

Syarat-syarat yang harus digunakan pada penerapan aksi nominal di dalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja adalah seperti berikut:

- 1) beban lalu lintas:
 - a) pembebanan lalu lintas yang telah dikurangi bisa digunakan apabila diperlukan (lihat Pasal 6.5);
 - b) faktor beban dinamis harus diterapkan.
- 2) beban tumbukan: ketentuan dalam Pasal 6.10 mengenai tumbukan dengan kendaraan harus diterapkan sebagai aksi nominal.
- 3) tekanan tanah: tekanan tanah arah lateral harus dihitung berdasarkan sifat-sifat bahan ter Faktor seperti diberikan dalam Tabel 8, dan untuk nilai resultanta rencana digunakan faktor beban keadaan batas daya layan.
- 4) hanyutan dan aliran: besarnya kecepatan air rata-rata dan kecepatan air permukaan harus sesuai dengan periode ulang untuk keadaan batas ultimit seperti diberikan dalam Tabel 23.
- 5) beban angin: kecepatan nominal harus sesuai dengan kecepatan untuk keadaan batas ultimit seperti diberikan dalam Tabel 28.
- 6) pengaruh gempa: pengaruh gempa nominal harus diambil 0,8 kali pengaruh yang dihitung sesuai dengan Pasal 7.7.

10.3 Kombinasi beban

Kombinasi beban untuk perencanaan berdasarkan tegangan kerja diberikan dalam Tabel 41.

Aksi tetap harus digabungkan sesuai dengan Pasal 9.3.

Kombinasi beban lalu lintas harus terdiri dari:

- a) pembebanan lajur "D" atau pembebanan Truk "T", ditambah gaya sentrifugal, dan pembebanan pejalan kaki;
- b) pembebanan lajur "D" atau pembebanan Truk "T", ditambah gaya rem, dan pembebanan pejalan kaki.

Kombinasi beban lalu lintas yang digunakan harus diambil salah satu yang paling berbahaya.

Pengaruh dari gesekan pada perletakan harus dimasukkan sebagai aksi tetap atau pengaruh temperatur, diambil mana yang cocok.

Beban angin harus termasuk beban angin yang bekerja pada beban hidup kalau pembebanan lajur "D" termasuk dalam kombinasi.

10.4 Tegangan berlebihan yang diperbolehkan

Beberapa kombinasi beban mempunyai probabilitas kejadian yang rendah dan jangka waktu yang pendek. Untuk kombinasi yang demikian maka tegangan yang berlebihan diperbolehkan berdasarkan prinsip tegangan kerja. Tegangan berlebihan yang diberikan dalam Tabel 41 adalah sebagai prosentase dari tegangan kerja yang diizinkan.

Tabel 41 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan r_{os}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

11 Persyaratan lainnya

11.1 Stabilitas terhadap guling dan geser

Stabilitas jembatan terhadap guling dan geser berikut komponen-komponennya harus diperhitungkan. Stabilitas bisa memenuhi apabila hubungan berikut dipenuhi:

$$S_R^* \geq 1,1 S_N^* \quad (19)$$

Untuk keadaan batas ultimit atau:

$$S_R \geq 2,2 S_N \quad (20)$$

untuk perencanaan tegangan kerja

dengan pengertian :

S_R^* adalah pengaruh total dari seluruh aksi rencana ultimit yang menahan guling atau geseran di mana beban mati dihitung pada nilai nominal (Faktor Beban = 1)

S_N^* adalah pengaruh total dari seluruh aksi rencana ultimit yang menyebabkan guling atau geseran

S_R adalah pengaruh total dari seluruh aksi nominal yang menahan guling atau geseran

S_N adalah pengaruh total dari seluruh aksi nominal yang menyebabkan guling atau geseran

11.2 Kapasitas pengekang melintang minimum

Untuk menjamin bahwa bangunan atas mempunyai pengekangan dalam arah melintang yang cukup untuk melawan gaya yang bekerja secara kebetulan dalam arah melintang yang tidak dipenuhi dalam perencanaan, sistem pengekangan dalam arah melintang antara bangunan atas dan bangunan bawah harus digunakan pada masing-masing pilar dan kepala jembatan.

Sistem pengekang ini harus mampu menahan gaya horisontal rencana ultimit tegak lurus sumbu jembatan sebesar 500 kN atau 5 % dari beban mati bangunan atas pada tumpuan, diambil yang paling besar.

Tumpuan yang digunakan untuk mengekang juga harus direncanakan untuk menahan gaya rencana tersebut pada keadaan batas ultimit.

Untuk bangunan atas yang menerus, pengekang dalam arah melintang bisa ditiadakan, bila pilar-pilar tertentu yang ada pada masing-masing bangunan atas diantara sambungan siar muai sudah cukup terkekang.

Sistem pengekang harus mempunyai cukup ruang bebas untuk memberi keleluasan terjadinya pergerakan akibat temperatur, terutama pada bangunan atas yang lengkung dan lebar.

Sistem pengekang bisa direncanakan dengan metoda tegangan kerja untuk menahan gaya horisontal nominal sebesar 60 % dari gaya horisontal rencana ultimit seperti disebutkan di atas.

12 Pembebanan rencana kerb dan penghalang lalu lintas

12.1 Beban rencana kerb

Kerb harus direncanakan untuk menahan beban rencana ultimit sebesar 15 kN/meter yang bekerja sepanjang bagian atas kerb.

12.2 Beban rencana penghalang lalu lintas tingkat 1

Pembebanan rencana harus ditentukan berdasarkan referensi literatur khusus dan pertimbangan-pertimbangan berikut:

- tingkat risiko yang mungkin terjadi;
- ukuran kendaraan yang bekerja;
- kecepatan rencana lalu lintas;
- ke lengkungan lantai kendaraan dan sudut tumbukan yang mungkin terjadi.

12.3 Beban rencana penghalang lalu lintas tingkat 2

12.3.1 Beban rencana ultimit

Penghalang lalu lintas tingkat 2 harus direncanakan untuk menahan beban tumbukan rencana ultimit arah menyilang, P^* , seperti berikut:

$$P^* = 100 \text{ kN untuk } h \leq 850 \quad (21)$$

$$P^* = 100 \text{ Error! kN untuk } h > 850 \quad (22)$$

dengan pengertian :

h adalah tinggi sumbu dari bagian atas palang lalu lintas (mm)

Beban rencana P^* harus bekerja sebagai beban titik.

12.3.2 Penyebaran beban tiang dan palang penghalang lalu lintas

Beban rencana dalam arah menyilang pada palang P_R^* adalah:

$$P_R^* = \text{Error!} \quad (23)$$

dengan pengertian :

P^* adalah beban tumbukan rencana ultimit arah menyilang dari Pasal 12.3.1.

N^* adalah jumlah palang pada penghalang lalu lintas.

Palang sandaran yang memikul beban direncanakan dengan cara plastis rasional atau yang ekuivalen.

Sambungan antara palang dan tiang sandaran harus direncanakan untuk meneruskan beban berikut yang bekerja secara terpisah:

- beban rencana kearah luar P_R^* untuk mana palang sandaran direncanakan;
- beban vertikal (apakah keatas atau kebawah) sama dengan 0,25 kali P_R^* ; dan
- beban kearah dalam sama dengan 0,25 kali P_R^* .

Tiang sandaran harus direncanakan dengan beban kearah luar yang sama seperti yang bekerja pada bagian palang, ditambah beban arah memanjang jembatan yang sama dengan 0,5 kali nilai tersebut. Tiang sandaran juga harus direncanakan untuk menahan beban kearah dalam sebesar 0,25 kali beban kearah luar, yang bekerja secara terpisah.

Apabila kekuatan tarik dari bagian palang dipertahankan untuk mencakup beberapa tiang sandaran, pembebanan rencana arah memanjang bisa dibagi ke dalam empat tiang pada panjang yang menerus.

12.3.3 Penyebaran beban penghalang lalu lintas dari beton

Beban menyilang rencana harus direntangkan dengan jarak memanjang 1,5 m pada bagian atas penghalang dan disebarkan dengan sudut 45° kebawah pada lantai yang memikulnya. Beban tumbukan yang bekerja pada penghalang dan beban roda pada lantai tidak perlu ditinjau secara bersamaan pada waktu merencanakan pelat lantai.

12.4 Beban rencana penghalang lalu lintas tingkat 3

Bangunan penghalang ini tidak perlu direncanakan untuk menahan beban rencana yang khusus. Bangunan tersebut harus detail sesuai dengan perencanaan praktis yang lazim untuk penghalang standar.

12.5 Beban rencana sandaran pejalan kaki

Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $w^* = 0,75$ kN/ meter. Beban-beban ini bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal pada masing-masing sandaran.

Tiang sandaran direncanakan untuk beban daya layan rencana:

$$w^* L \quad (24)$$

dengan pengertian :

L adalah bentang palang diantara tiang dalam m, hanya dari bagian atas sandaran.

Tidak ada ketentuan beban ultimit untuk sandaran.

13 Rambu jalan dan bangunan penerangan

13.1 Umum

Ketentuan dalam Bab ini berlaku untuk penyangga lampu penerangan, penyangga lampu stopan dan bangunan untuk rambu lalu lintas baik yang ditempelkan atau dicantolkan pada bagian atas kerangka atau bangunan lainnya.

13.2 Keadaan batas

- Keadaan batas daya layan - Getaran berlebihan dari pengaruh angin dalam arah melintang atau menyilang yang disebabkan oleh pusaran, akan menimbulkan kelelahan atau keruntuhan pada komponen-komponen untuk sarana listrik atau untuk fungsi lainnya. Kecepatan angin kritis, dimana frekuensi pusaran sama dengan frekuensi resonansi dari bangunan, harus diambil lebih besar dari kecepatan angin rencana daya layan maksimum atau cukup rendah untuk menghasilkan hanya amplitudo getaran yang kecil;

- b) Keadaan batas ultimit - hilangnya keseimbangan statis, ketidak stabilan inelastis dan keruntuhan untuk menahan beban rencana lebih lanjut.

13.3 Kecepatan angin rencana

Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam Tabel 42.

13.4 Beban angin rencana

Beban angin rencana H_w^* , dihitung dengan:

$$H_w^* = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_s \text{ [kN]} \quad (25)$$

dengan pengertian :

V_w adalah kecepatan angin rencana (m/dt) dari Pasal 14.3

C_w adalah koefisien seret yang ditentukan dari Tabel 42

A_s adalah luas bagian samping dari bangunan untuk rambu lalu lintas atau penerangan.

Tabel 42 Koefisien seret untuk rambu jalan

Uraian	Koefisien Seret C_w
Panel tanda lalu lintas :	
(1) perbandingan lebar/tinggi = 1,0	1,18
2,0	1,19
5,0	1,20
10,0	1,23
15,0	1,30
Pencahayaan :	
bentuk bulat -	0,5
bentuk segi empat, sisi datar -	1,2
Tanda lalu lintas	1,2
CATATAN (1) untuk harga antara gunakan interpolasi linier	

13.5 Kombinasi beban rencana

Pembebanan rencana terdiri atas kombinasi dari beban mati dan beban angin rencana pada keadaan batas sesuai yang dianggap bekerja dari setiap arah.

Pada bangunan yang dilengkapi sarana untuk pejalan kaki dan ruang pemeliharaan maka beban total sebesar 2,2 kN disebarkan sepanjang 0,6 m pada tempat pejalan kaki atau ruang pemeliharaan tersebut, dan dikalikan dengan faktor beban untuk memperoleh beban rencana seperti berikut:

- keadaan batas daya layan 1,0;
- keadaan batas ultimit 1,8.

14 Fender

14.1 Prinsip perencanaan fender

Perencanaan fender berdasarkan dua prinsip mendasar berikut :

- struktur fender sebagai peredam energi tumbukan kapal sampai ke tingkat kekuatan ijin pilar jembatan;
- struktur fender sebagai pelindung pilar jembatan terhadap energi tumbukan kapal.

Energi tumbukan kapal dihitung berdasarkan perumusan gaya-akselerasi ($F = ma$) sebagai berikut :

$$KE = \int F(x)dx \quad (26)$$

$$KE = \frac{C_H \times 0,5W(V)^2}{g} \quad (27)$$

dengan pengertian :

KE = energi kinetik dari kapal desain (tm)

F(x) = gaya pelindung struktur F(t) sebagai fungsi lendutan x (m)

C_H = koefisien hidrodinamis masa air yang bergerak bersama kapal, yang merupakan interpolasi antara :

a. 1,05 untuk jarak bebas dasar kapal ke dasar perairan $\geq 0,5 \times D_L$

b. 1,25 untuk jarak bebas dasar kapal ke dasar perairan $\leq 0,1 \times D_L$

D_L = draft kedalaman kapal pada beban penuh (m)

W = tonase perpindahan kapal (t), berat total kapal pada beban penuh

V = kecepatan tumbukan kapal (m/s)

g = gravitasi (= 9,8m/s²)

Tumbukan kapal diperhitungkan ekuivalen dengan gaya tumbukan statis pada obyek yang kaku dengan rumus berikut :

$$P_s = (DWT)^{1/2}(12,5xV) \quad (28)$$

dengan pengertian :

P_s = gaya tumbukan kapal sebagai gaya statis ekuivalen (t)

DWT = tonase berat mati muatan kapal (t) = berat kargo, bahan bakar, air dan persediaan

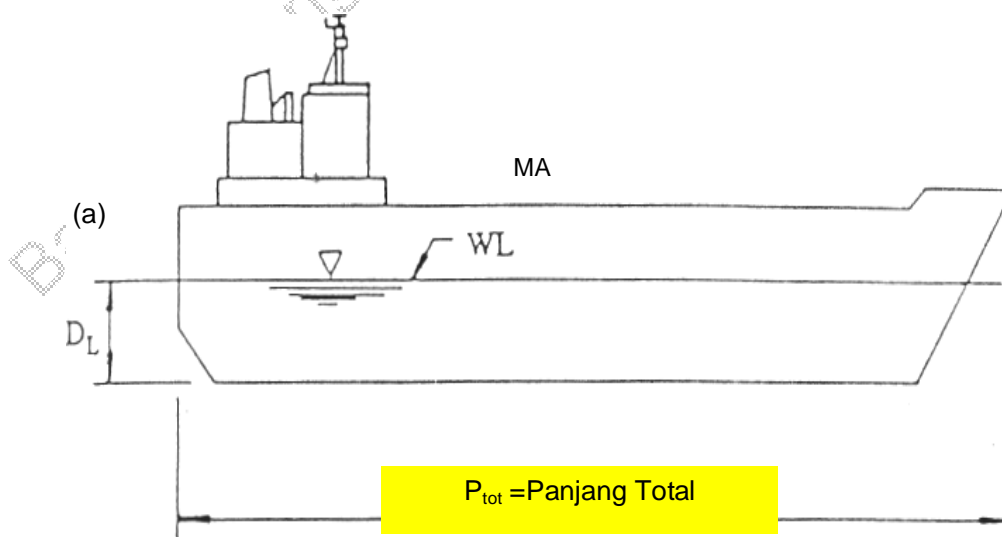
V = kecepatan tumbukan kapal (m/s)

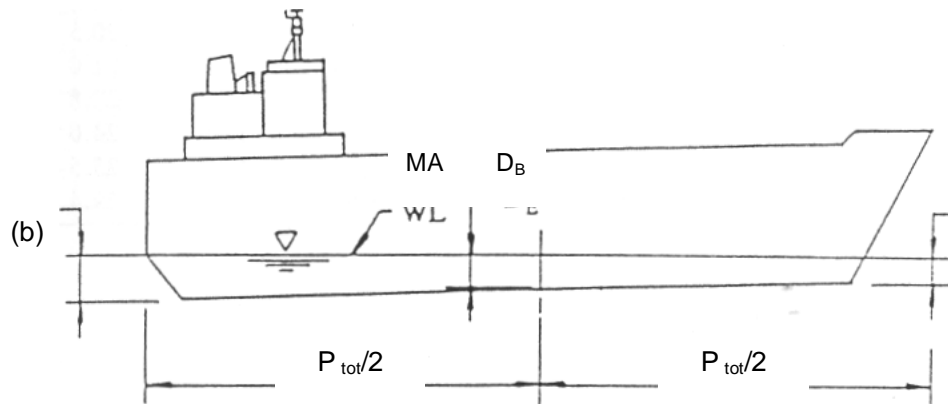
Dalam keadaan khusus diperlukan analisis dinamis untuk menentukan energi dan gaya tumbukan kapal.

14.2 Data lalu lintas kapal

Data yang diperlukan dalam perencanaan gaya tumbukan mencakup:

- lalu lintas kapal: tipe, jumlah, konstruksi, tonase, panjang, lebar, frekuensi pelintasan, draft, daya kuda, kebebasan vertikal, cara pengoperasian, tipe pelayanan, barang bawaan utama, dan tempat pelayanan setempat;
- kecepatan kapal: transit, tumbukan;
- kondisi lingkungan: cuaca, angin dan arus, geometri jalan air, kedalaman air, ketinggian pasang surut, kondisi pelayanan, kepadatan lalu lintas kapal.





Gambar 18 Profil kapal tipikal, (a) beban penuh, (b) beban balas

14.3 Klasifikasi kapal desain

Sehubungan dengan faktor risiko dalam penentuan kapal desain untuk perencanaan beban tumbukan pada pilar jembatan, terdapat klasifikasi jembatan sebagai berikut :

- jembatan kritis: berat kapal desain terlampaui oleh 5% jumlah lintasan kapal dalam satu tahun atau maksimum 50 lintasan kapal per tahun (pilih yang terkecil) ;
- jembatan biasa: berat kapal desain terlampaui oleh 10% jumlah lintasan kapal dalam satu tahun atau maksimum 200 lintasan kapal per tahun (pilih yang terkecil).

14.4 Sistem fender

Berbagai tipe, bahan dan fungsi fender secara mendasar dijelaskan sebagai berikut.

14.4.1 Fender kayu

Fender kayu terdiri dari elemen vertikal dan horisontal dalam kerangka yang dipasang bersatu dengan pilar atau secara terpisah. Energi tumbukan diredam oleh deformasi elastis dan kerusakan elemen kayu. Fender kayu digunakan untuk melindungi pilar terhadap gaya tumbukan dari kapal kecil.

14.4.2 Fender karet

Fender karet dibuat komersial dalam bentuk aneka ragam. Energi tumbukan diredam oleh deformasi elastis dari elemen karet dalam kombinasi tekanan, lenturan dan geser.

14.4.3 Fender beton

Fender beton terdiri dari struktur boks berongga dan ber dinding tipis yang dipasang pada pilar. Permukaan luar fender beton dapat dilindungi oleh fender kayu. Energi tumbukan diredam oleh tekuk dan kerusakan dinding fender beton.

14.4.4 Fender baja

Fender baja terdiri dari membran ber dinding tipis dan elemen pengaku dalam kerangka boks pada pilar jembatan. Energi tumbukan diredam oleh tekanan, lentur dan tekuk dari elemen baja dalam fender. Permukaan luar fender baja dapat dilindungi oleh fender kayu.

14.5 Fender yang didukung oleh tiang

Sistem yang didukung oleh tiang dapat digunakan untuk meredam beban tumbukan. Kelompok tiang yang dihubungkan oleh *cap* yang kaku adalah suatu struktur pelindung dengan tahanan tinggi terhadap gaya tumbukan kapal. Tiang individual dan tiang yang dihubungkan oleh *cap* yang fleksibel dapat digunakan juga sebagai pelindung pilar.

Kelompok tiang dapat terdiri dari tiang vertikal yang menahan energi dengan lenturan, atau tiang miring yang menahan energi dengan tekanan dan lenturan. Deformasi plastis dan kerusakan tiang diijinkan dengan syarat kapal berhenti sebelum menabrak pilar, atau tumbukan diredam sampai tingkat kekuatan pilar dan pondasi. Struktur tiang pelindung dapat dibuat secara berdiri sendiri, atau dipasang pada pilar. Tiang kayu, baja, atau beton dapat digunakan sesuai kondisi lapangan, beban tumbukan dan pertimbangan ekonomis.

14.6 Fender dolfin

Dolfin merupakan struktur sel sirkular dari turap baja yang dipancang, dan diisi beton serta ditutup dengan *cap* beton. Dolfin dapat dibuat dari komponen beton pra cetak, atau di-pra cetak secara keseluruhan di luar lapangan dan kemudian dibawa mengapung ke lokasi. Tiang pancang kadang-kadang di gabung dalam desain sel. Prosedur perencanaan dolfin berdasarkan perubahan energi yang terjadi selama pembebanan tumbukan rencana. Hubungan dan korelasi energi-simpangan dikembangkan untuk mekanisme peredaman berikut :

- kerusakan bagian depan kapal ;
- terangkatnya bagian depan kapal ;
- gesekan antara kapal dan dolfin ;
- gesekan antara kapal dan dasar sungai ;
- geseran dolfin ;
- rotasi dolfin ;
- deformasi dolfin (dibatasi kurang dari $\frac{1}{2}$ diameter sel, sel diperbolehkan mengalami deformasi plastis dan runtuh parsial).

14.7 Fender pulau

Fender pulau sekeliling pilar jembatan adalah proteksi sangat efektif terhadap tumbukan kapal. Pulau terdiri dari pasir atau batuan dengan permukaan luar dari batuan pelindung berat untuk menahan gelombang dan arus. Geometri pulau sesuai dengan kriteria berikut :

- Tumbukan kapal diredam melalui pulau sampai ke tingkat kapasitas lateral pilar dan pondasi pilar ;
- Dimensi pulau sedemikian rupa agar penetrasi kapal ke dalam pulau tidak menyebabkan sentuhan kapal pada pilar.

14.8 Fender terapung

Fender terapung terdapat dalam berbagai sistem :

- sistem jaringan kabel: kapal berhenti oleh sistem kabel terjangkar dalam dasar perairan yang diberi pelampung di depan pilar;
- ponton terjangkar: ponton terapung yang terjangkar dalam dasar perairan di depan pilar untuk meredam tumbukan kapal.

**Lampiran A
(informatif)****Daftar nama dan lembaga****1) Pemrakarsa**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan eks. Departemen Kimpraswil.

2) Penyusun

Nama	Instansi
Ir. Lanneke Tristanto	Puslitbang Prasarana Transportasi
N. Retno Setiati, ST., MT.	Puslitbang Prasarana Transportasi
Redrik Irawan, ST., MT.	Puslitbang Prasarana Transportasi

Bibliografi

1. Peraturan Muatan untuk Djembatan Djalan Raya, No. 12 / 1970, Direktorat Djenderal Bina Marga
2. Sistem Manajemen Jembatan - BMS - Peraturan Perencanaan Jembatan : Bagian 2 Beban Jembatan 1992
3. *Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges, Volume I, Final Report, February 1991*

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum