

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR: 03/SE/M/2016
TANGGAL 15 MARET 2016**

TENTANG

**PEDOMAN PENENTUAN *BRIDGE LOAD RATING* UNTUK
JEMBATAN EKSISTING**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA**

Kepada Yth.:

- 1. Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;**
- 2. Para Pejabat Eselon II di Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN
NOMOR : 03/SE/M/2016**

TENTANG

**PEDOMAN PENENTUAN *BRIDGE LOAD RATING* UNTUK JEMBATAN
EKSISTING**

A. Umum

Penilaian kondisi struktur dan upaya pemeliharaan diperlukan untuk menjamin keamanan dan keandalan struktur jembatan. Pembebanan aktual dan nilai kondisi struktur perlu dipertimbangkan pada saat melakukan pemeliharaan. Ketersesuaian informasi aktual merupakan hal yang penting untuk penilaian.

B. Dasar Pembentukan

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
4. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;

5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I dan Eselon II di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam kegiatan penentuan *bridge load rating* untuk jembatan eksisting yang bertujuan untuk memperoleh kriteria *bridge load rating* jembatan eksisting, menilai kondisi jembatan sebagai hasil dari kegiatan pemeriksaan jembatan yang digunakan sebagai salah satu input dalam penilaian beban.

D. Ruang Lingkup

Pedoman ini menetapkan tahap-tahap perhitungan untuk memperoleh faktor penilaian beban terhadap kapasitas jembatan. Penilaian tersebut digunakan untuk menentukan beban maksimum yang aman dapat dipikul oleh jembatan pada lalu lintas biasa dan lalu lintas kendaraan berat/khusus.

E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 15 Maret 2016

MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT,


M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:

Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Ketentuan.....	2
4.1 Umum.....	2
4.2 Pemeriksaan jembatan.....	2
4.3 Beban.....	3
4.3.1 Beban standar.....	3
4.3.2 Beban lalu lintas.....	3
4.3.3 Beban mati (DC dan DW).....	4
4.3.4 Faktor beban.....	4
4.4 Kekuatan material dan tegangan yang diizinkan.....	5
4.4.1 Baja tulangan.....	5
4.4.2 Beton.....	5
4.4.3 Baja prategang.....	6
4.4.4 Baja struktur.....	6
4.5 Analisis struktur.....	7
4.5.1 Metode sederhana.....	7
4.5.2 Metode analisis lanjut.....	7
4.5.3 Analisis dengan pengujian lapangan.....	7
4.6 Perhitungan <i>load rating</i> (penilaian beban).....	7
4.6.1 Penilaian beban desain.....	7
4.6.2 Penilaian beban khusus.....	7
4.6.3 Persamaan umum.....	8
4.6.4 Faktor kondisi (ϕ_c).....	9
4.6.5 Faktor sistem (ϕ_s).....	9
4.7 Pembatasan beban.....	10
5 Prosedur penilaian beban terhadap kapasitas jembatan.....	10
5.1 Penilaian beban desain.....	11
5.2 Penilaian beban khusus.....	12
Lampiran A (informatif) Contoh perhitungan penilaian kapasitas jembatan terhadap beban.....	13
Bibliografi.....	15

Prakata

Pedoman penentuan *bridge load rating* untuk jembatan eksisting disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Puslitbang Jalan dan Jembatan, yang mengacu pada *Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges*, AASHTO tahun 2005. Pedoman ini menjelaskan mengenai tahapan perhitungan untuk memperoleh kriteria *bridge load rating* untuk jembatan eksisting.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 1 Oktober 2014 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



Pendahuluan

Penilaian kondisi struktur dan upaya pemeliharaan diperlukan untuk menjamin keamanan dan keandalan struktur jembatan. Pembebanan aktual dan nilai kondisi struktur perlu dipertimbangkan pada saat melakukan pemeliharaan. Ketersesuaian informasi aktual merupakan hal yang penting untuk penilaian.

Penilaian kondisi struktur yang sederhana untuk menghitung *bridge load rating* untuk jembatan eksisting. Pada pedoman ini *bridge load rating* digunakan untuk menghitung beban maksimum yang dapat dipikul jembatan dan keperluan perkuatan jembatan. Jembatan yang akan dihitung *load rating*-nya harus melalui pemeriksaan visual sesuai dengan BMS (rating/nilai kondisi 0-5) terlebih dahulu. Hasil *load rating* ini akan menjadi bagian dari sistem informasi jembatan. Prosedur *bridge load rating* menggunakan metode perancangan beban terfaktor (LRFD) sesuai dengan AASHTO sedangkan faktor reduksi sesuai dengan hasil dari pemeriksaan visual BMS. Pelaksanaan *bridge load rating* didasarkan dokumen-dokumen jembatan, termasuk hasil pemeriksaan terkini.

Pedoman ini merupakan bagian dari sistem manajemen jembatan untuk menilai kondisi jembatan sebagai hasil dari kegiatan pemeriksaan jembatan digunakan sebagai salah satu input dalam penilaian beban. Sebagai bagian dari sistem manajemen jembatan, *bridge load rating* untuk jembatan eksisting harus ditinjau kembali dan diperbarui untuk menggambarkan semua perubahan kondisi dan pembebanan yang tercatat selama pemeriksaan.

Penentuan *bridge load rating* untuk jembatan eksisting

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan tahap-tahap perhitungan untuk memperoleh faktor penilaian beban terhadap kapasitas jembatan. Penilaian tersebut digunakan untuk menentukan beban maksimum yang aman dapat dipikul oleh jembatan pada lalu lintas biasa dan lalu lintas kendaraan berat/khusus.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

RSNI 3 1725:201X Pembebanan untuk jembatan
AASHTO, LRFD bridge design specification

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

beban desain

beban lalu lintas yang digunakan untuk perancangan jembatan dan ditetapkan dalam standar pembebanan jembatan

3.2

beban hidup

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

3.3

beban khusus

kendaraan yang melampaui batas berat legal dan memerlukan izin khusus untuk melewati jembatan

3.4

beban lalu lintas

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

3.5

beban mati

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

3.6

berat

gaya gravitasi yang bekerja pada massa suatu benda (kN)

3.7

bridge load rating

prosedur untuk mengevaluasi kemampuan komponen struktur untuk memikul beban hidup yang telah ditentukan

3.8

faktor beban

pengali numerik yang digunakan pada aksi nominal untuk menghitung aksi rencana

3.9

lantai kendaraan

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

3.10

lajur lalu lintas

bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan

3.11

lebar jalan

lebar keseluruhan dari jembatan yang dapat digunakan oleh kendaraan, termasuk lajur lalu lintas, bahu yang diperkeras, marka median dan marka yang berupa strip

3.12

load rating (penilaian beban)

Ukuran kapasitas daya pikul jembatan untuk beban standar dan atau beban khusus

4 Ketentuan

4.1 Umum

Tujuan dari penilaian beban terhadap kapasitas jembatan adalah untuk menentukan berat kendaraan maksimum yang dapat dipikul jembatan. Hal yang mudah jika ukuran sederhana seperti berat kotor kendaraan dapat digunakan untuk menentukan kapasitas jembatan. Namun, kapasitas sebenarnya tidak hanya tergantung pada berat kotor kendaraan tetapi juga pada jumlah dan jarak roda gandar dan distribusi beban antara roda gandar.

Pada umumnya, diperhitungkan dua penilaian beban untuk tiap jembatan, satu untuk bangunan atas dan sistem pendukung lantai, yang lain untuk lantai. Penilaian beban yang ketiga mungkin diperlukan untuk bangunan bawah, bila terdapat kelemahan pada bagian jembatan tersebut. Penilaian beban bangunan atas digunakan untuk menentukan pengaruh kendaraan-kendaraan berat pada bangunan atas, dan secara umum akan mengendalikan berat maksimum kendaraan yang diizinkan melewati jembatan. Penilaian beban lantai digunakan untuk menentukan pengaruh beban-beban gandar tunggal atau susunan, dan akan mengendalikan beban gandar atau susunan gandar maksimum yang diizinkan melewati jembatan.

4.2 Pemeriksaan jembatan

Penilaian beban terhadap kapasitas jembatan berdasarkan pada kondisi struktural yang ada, sifat material, beban dan kondisi lalu lintas jembatan. Untuk mempertahankan kapasitas ini, jembatan harus dilakukan pemeriksaan secara berkala, tidak melampaui interval maksimum yang ditetapkan sesuai dengan pedoman pemeriksaan jembatan.

Penilaian beban tidak boleh dilakukan tanpa pemeriksaan lapangan yang lengkap. Pemeriksaan jembatan merupakan hal yang penting karena:

- a. Memberikan data kondisi jembatan dan data penting lainnya yang diperlukan untuk evaluasi;
- b. Memperkecil kemungkinan penilai melakukan kesalahan dalam menilai kapasitas komponen atau sambungan pada struktur; dan
- c. Meningkatkan keamanan jembatan melalui pendeteksian awal dari deteriorasi atau tanda-tanda kerusakan yang dapat merupakan tanda/sinyal dari keruntuhan di waktu mendatang.

4.3 Beban

Beban yang digunakan dalam menentukan pengaruhnya dalam persamaan penilaian beban secara umum adalah beban permanen dan muatan kendaraan. Beban lingkungan seperti angin, temperatur, aliran sungai dan gempa biasanya tidak dipertimbangkan dalam penilaian kecuali saat kondisi yang tidak biasa.

4.3.1 Beban standar

Beban-beban standar, atau beban desain, yang digunakan dalam penilaian beban adalah beban jalur "D" dan beban truk "T" sesuai dengan ketentuan standar pembebanan jembatan (RSNI3 1725:201X Pembebanan untuk jembatan). Bangunan atas jembatan dan sistem konstruksi pendukung lantai harus dinilai berdasarkan pengaruh terburuk dari kedua beban standar ini. Lantai jembatan boleh dinilai berdasarkan beban truk "T" saja, karena beban ini sudah tentu menghasilkan pengaruh paling ekstrim pada panjang bentang yang umum digunakan untuk lantai.

4.3.2 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang ditentukan oleh berat statik gandar-gandar dan jarak antara gandar. Beban pada suatu gandar dianggap terbagi rata pada semua roda gandar. Berat statik gandar maksimum absolut pada suatu beban lalu lintas, tidak boleh melebihi beban gandar nominal maksimum dari truk "T" yang ditentukan dalam standar pembebanan jembatan (RSNI3 1725:201X Pembebanan untuk jembatan).

a. Beban lalu lintas biasa

Beban lalu lintas biasa adalah beban kendaraan yang digunakan untuk mewakili kendaraan-kendaraan terberat yang biasanya menggunakan suatu jaringan jalan. Bila tidak ditentukan lain oleh yang berwenang, beban lalu lintas biasa adalah sama dengan beban standar.

Bila suatu beban lalu lintas biasa ditentukan khusus untuk suatu jembatan oleh yang berwenang, beban tersebut harus mencakup fraksi keamanan agar mewakili beban lebih besar dari batas legal.

b. Beban lalu lintas khusus/luar biasa

Beban lalu lintas khusus/luar biasa adalah suatu kendaraan berat yang melebihi berat dan dimensi yang legal atau yang diizinkan. Penilaian jembatan terhadap beban lalu lintas khusus ini adalah atas dasar bahwa beban-beban tersebut hanya melintasi jembatan secara insidental, dengan memperhatikan batasan-batasan sebagai berikut:

- i. Setiap beban lalu lintas khusus yang akan menggunakan suatu jembatan harus memperoleh izin terlebih dahulu dari yang berwenang dan penggunaan jembatan harus di bawah pengawasan ketat agar semua batasan terpenuhi.

- ii. Pada saat beban lalu lintas khusus melintasi jembatan, kendaraan-kendaraan lain tidak boleh menggunakan jembatan.
- iii. Kecepatan beban lalu lintas khusus harus dibatasi sesuai yang disetujui, untuk mengurangi pengaruh kejut.
- iv. Bila letak kendaraan dalam arah lateral/melintang tidak ditentukan oleh yang berwenang, beban lalu lintas khusus harus melintasi sepanjang sumbu longitudinal/memanjang jembatan, atau bila jembatan mempunyai median, sedikit mungkin pada median.
- v. Pengaturan gandar dan per suspensi kendaraan menjamin bahwa beban kendaraan terbagi rata pada jembatan.

4.3.3 Beban mati (DC dan DW)

Beban mati dibagi menjadi dua yaitu beban mati komponen struktural dan nonstruktural jembatan (DC) ; serta beban mati perkerasan dan utilitas (DW). Efek beban mati pada struktur harus dihitung sesuai dengan kondisi eksisting pada saat dianalisis. Beban mati sebaiknya berdasarkan dimensi pada desain dan diverifikasi dengan pengukuran lapangan.

Jika ada utilitas, elemen tambahan dan ketebalan permukaan aspal harus diverifikasi pada saat pemeriksaan lapangan. Berat jenis material yang digunakan dalam perhitungan beban mati harus sesuai standar pembebanan jembatan (RSNI3 1725:201X Pembebanan untuk jembatan), jika tidak ada informasi yang lengkap.

4.3.4 Faktor beban

Penilaian beban harus mempertimbangkan semua beban permanen. Beban permanen termasuk beban mati dan efek dari proses konstruksi. Faktor beban untuk beban permanen ditunjukkan pada Tabel 1 (berdasarkan AASHTO).

Tabel 1 - Batas kekuatan dan faktor beban untuk penilaian beban

Tipe Jembatan	Kondisi batas	Beban mati DC	Beban mati DW	LL (Live Load/Beban hidup)	
				Beban desain	Beban khusus
Struktur baja	Kekuatan I	1,25	1,50	1,80	-
	Kekuatan II	1,25	1,50	-	Tabel 2
	Service II	1,00	1,00	1,00	1,00
	Fatigue	0,00	0,00	0,75	-
Beton bertulang	Kekuatan I	1,25	1,50	1,80	-
	Kekuatan II	1,25	1,50	-	Tabel 2
	Service I	1,00	1,00	-	1,00
Beton prategang	Kekuatan I	1,25	1,50	1,80	-
	Kekuatan II	1,25	1,50	-	Tabel 2
	Service III	1,00	1,00	1,00	-
	Service I	1,00	1,00	-	1,00
Kayu	Kekuatan I	1,25	1,50	1,80	-
	Kekuatan II	1,25	1,50	-	Tabel 2

Faktor beban hidup yang diberikan pada Tabel 2 untuk mengevaluasi izin untuk kendaraan khusus yang diberikan atau efek beban maksimum dari semua kendaraan khusus yang diperbolehkan untuk beroperasi secara tunggal (berdasarkan AASHTO). Faktor beban jalur

terdistribusi harus digunakan untuk mengantisipasi kemungkinan adanya kendaraan berat lainnya saat beban khusus melintasi jembatan.

Tabel 2 - Faktor beban khusus

Tipe izin	Frekuensi	Kondisi pembebanan	Faktor distribusi DF ^a	LHR (satu arah)	Faktor beban dengan beban izin ^b	
					≤ 45 ton	≥ 65 ton
Rutin atau tahunan	Penyeberangan yang tidak terbatas	Lalu lintas gabungan(kendaraan lain berada di atas jembatan)	Dua lajur atau lebih	>5000	1,80	1,30
				=1000	1,60	1,20
				<100	1,40	1,10
					Semua beban	
Penyeberangan terbatas yang khusus	Perjalanan tunggal	Hanya ada kendaraan khusus di atas jembatan	Satu lajur	N/A	1,15	
	Perjalanan tunggal	Lalu lintas gabungan(kendaraan lain berada di atas jembatan)	Satu lajur	>5000	1,50	
				=1000	1,40	
				<100	1,35	
	Multiple-Trips (kurang dari 100 perjalanan)	Berbagai kendaraan berada di atas jembatan	Satu lajur	>5000	1,85	
				=1000	1,75	
				<100	1,55	

a) DF= faktor distribusi LRFD

b) Untuk izin rutin, berat kendaraan antara 45 ton dan 65 ton, dilakukan interpolasi berdasarkan berat dan rata-rata jumlah kendaraan. Gunakan hanya berat gandar pada jembatan.

4.4 Kekuatan material dan tegangan yang diizinkan

4.4.1 Baja tulangan

Jika kuat tarik baja tulangan tidak diketahui dengan tepat, maka dapat memakai Tabel 3 kekuatan dari baja tulangan yang diperkirakan dengan mempertimbangkan tahun pembuatannya (berdasarkan BMS). Dalam prakteknya, kekuatan baja harus diperoleh melalui pengujian untuk memastikan sifat mekanik yang lebih akurat.

Tabel 3 - Kuat tarik baja tulangan berdasarkan tahun pembangunan

Tahun pembangunan jembatan	Tegangan leleh baja tulangan MPa
Sebelum 1970	210
Sesudah 1970	230

4.4.2 Beton

Ketika kuat tekan beton (f_c) tidak diketahui dan beton dalam kondisi baik, maka nilai f_c untuk bangunan atas, komponen beton bertulang dan beton pratekan dimabil seperti pada Tabel 4 dengan mempertimbangkan tahun pembuatannya (berdasarkan BMS).

Tabel 4 - Kuat tekan minimum beton berdasarkan tahun pembangunannya

Tahun pembangunan jembatan	Beton bertulang	Beton pratekan
	Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan MPa
Sebelum 1970	20	Tidak ada
Sesudah 1970	22	35

Untuk hasil yang lebih akurat, dilakukan pengujian mutu beton dengan menggunakan metode pengujian yang tidak merusak (*non destructive test*). Kuat tekan beton juga dapat diperoleh berdasarkan hasil uji bor inti, dengan diameter minimum 75 mm. Uji bor inti tidak boleh dilakukan pada komponen beton pratekan kecuali gambar tersedia dan lokasi kabel pratekan dapat ditentukan.

4.4.3 Baja prategang

Jika kekuatan tarik baja prategang tidak diketahui, maka dapat menggunakan nilai pada Tabel 5 (berdasarkan BMS).

Tabel 5 – Kuat tarik baja prategang

Tahun pembangunan	Tensile Strength, f_{pu} MPa
Sebelum 1970	Tidak ada
Sesudah 1970	1725

Pada saat menilai beban khusus pada kondisi layan, tegangan yang terjadi pada tulangan dan/atau kabel/baja prategang yang paling dekat serat tegangan ekstrim tidak boleh melebihi 0,90 dari tegangan leleh. Tegangan leleh untuk baja prategang, nilai f_{py} dapat dilihat pada Tabel 6 (berdasarkan AASHTO).

Tabel 6 – Tegangan leleh dari baja prategang

Tipe tendon	f_{py}
Low-Relaxation Strand	$0.9 f_{pu}$
Stress-Relieved Strand and Type 1 High-Strength Bar	$0.85 f_{pu}$
Type 2 High-Strength Bar	$0.80 f_{pu}$

4.4.4 Baja struktur

Sifat-sifat mekanis struktur baja pada Tabel 7 dapat digunakan jika mutu baja tidak diketahui (berdasarkan BMS).

Tabel 7 – Karakteristik struktur baja berdasarkan tahun pembangunan

Tahun konstruksi	Tegangan leleh minimum, f_y MPa	Tegangan tarik ultimit, f_u MPa
sebelum tahun 1970	230	340
Setelah tahun 1970	250	360

4.5 Analisis struktur

4.5.1 Metode sederhana

Metode sederhana dapat digunakan jika kondisi struktur memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Lebar jembatan tetap
 - Kondisi perletakan adalah ekuivalen dengan perletakan garis, keduanya pada ujung bangunan atas dan pada perletakan antara (jika jembatan terdiri dari beberapa bentang).
 - Untuk bangunan atas yang berupa pelat dan bangunan atas dengan pelat di atas gelagar, sudut kemiringan tidak melebihi 20° .
 - Bangunan atas yang mempunyai gelagar memanjang dan pelat lantai kantilever, bagian kantilever tidak melebihi 60% jarak antar gelagar dan tidak melebihi 1,8 meter.
- Umumnya metode ini akan memberikan hasil yang konservatif.

4.5.2 Metode analisis lanjut

Metode analisis lanjut menggunakan metode yang lebih teliti dan model struktur yang lebih detail. Untuk mendekati perilaku struktur yang dianalisis, biasanya model struktur menggunakan elemen hingga tiga dimensi.

Beberapa contoh kasus jembatan yang perlu dilakukan metode analisis lanjut adalah:

- Jarak antar gelagar dan bentang jembatan berada di luar rumus distribusi beban yang ada
- Perletakannya mempunyai sudut yang bervariasi
- Jembatan lengkung
- Jembatan yang mempunyai faktor penilaian yang rendah
- Beban khusus yang mempunyai jarak roda yang tidak standar serta konfigurasi gandar yang bervariasi.

Jika metode analisis ini digunakan, sebuah tabel faktor distribusi akibat gaya ekstrim pada setiap bentang harus disediakan dalam laporan penilaian beban untuk membantu penilaian beban di waktu mendatang.

4.5.3 Analisis dengan pengujian lapangan

Jembatan dapat dievaluasi dengan pengujian lapangan (uji beban) jika penilai merasa bahwa pendekatan analisis tidak secara akurat menggambarkan perilaku dan distribusi beban struktur dan komponennya. Prosedur untuk uji beban dapat mengacu pada Manual Pelaksanaan Pengujian Beban yang disusun oleh Direktorat Bina Teknik, Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum.

4.6 Perhitungan *load rating* (penilaian beban)

4.6.1 Penilaian beban desain

Penilaian beban desain adalah penilaian tingkatan pertama jembatan pada beban sesuai pedoman pembebanan untuk jembatan dengan menggunakan dimensi dan karakteristik jembatan pada saat diperiksa. Tahapan ini merupakan pengukuran kinerja jembatan yang telah ada untuk standar perencanaan jembatan yang berlaku. Penilaian ini melihat kondisi kekuatan batas pada tingkat keandalan desain LRFD.

4.6.2 Penilaian beban khusus

Penilaian beban khusus berguna untuk memeriksa keamanan dan kemampuan dari jembatan dalam meninjau kelayakan lewatnya kendaraan di atas batas berat yang diizinkan.

Ini adalah penilaian yang dapat diaplikasikan hanya untuk jembatan yang mempunyai kapasitas yang cukup untuk beban desain. Faktor beban ekuivalen berdasarkan jenis izin dan kondisi lalu lintas di lokasi digunakan untuk memeriksa efek yang disebabkan lewatnya truk yang kelebihan muatan. Kriteria daya layan juga harus diperiksa untuk meninjau kelayakan.

4.6.3 Persamaan umum

Persamaan umum berikut harus digunakan dalam menentukan penilaian beban setiap komponen dari sambungan yang bekerja gaya tunggal (seperti gaya aksial, lentur, atau geser)

$$RF = \frac{C - (Y_{DC})(DC) - (Y_{DW})(DW) \pm (Y_P)(P)}{(Y_L)(LL + IM)} \quad (1)$$

Untuk kondisi kekuatan batas :

$$C = \phi_c \phi_s \phi R_n \quad (2)$$

dengan batas terendah yang berlaku adalah sebagai berikut :

$$\phi_c \phi_s \geq 0.85 \quad (3)$$

Untuk kondisi batas layan:

$$C = f_R \quad (4)$$

Keterangan:

RF	adalah faktor penilaian (<i>Rating Factor</i>)
C	adalah kapasitas
f_R	adalah tegangan yang diizinkan ditentukan dalam LRFD
R_n	adalah ketahanan nominal elemen (saat diinspeksi)
DC	adalah beban mati karena komponen struktural dan tambahannya
DW	adalah beban mati akibat lapisan permukaan dan utilitas yang digunakan
P	adalah beban permanen selain beban mati
LL	adalah beban hidup
IM	adalah beban dinamis
Y_{DC}	adalah faktor beban LRFD untuk komponen struktural dan tambahannya
Y_{DW}	adalah faktor beban LRFD untuk lapisan permukaan dan utilitas yang digunakan
Y_P	adalah faktor beban LRFD untuk beban permanen lainnya selain dari beban mati = 1.0
Y_{LL}	adalah faktor evaluasi beban hidup
ϕ_c	adalah faktor kondisi
ϕ_s	adalah faktor sistem
ϕ	adalah faktor tahanan LRFD

Penilaian beban dapat diaplikasikan pada setiap kondisi batas dan pengaruh beban dengan nilai terendah yang menentukan faktor penilaian beban. Kondisi batas dan faktor beban untuk penilaian beban terdapat pada tabel 1.

Elemen struktur yang terdapat kombinasi beban harus dinilai dengan mempertimbangkan interaksi beban. (contoh: interaksi gaya aksial dengan momen lentur atau interaksi gaya geser dan momen lentur), seperti yang disajikan dalam standar ini yang terdapat pada ketahanan struktur.

Efek dari gaya prategang pada struktur menerus harus dimasukkan sebagai beban permanen lainnya selain beban mati, P .

4.6.4 Faktor kondisi (ϕ_c)

Faktor kondisi digunakan untuk memperhitungkan peningkatan ketidakpastian daya layan akibat adanya kerusakan pada komponen struktur dan kemungkinan peningkatan kerusakan di masa mendatang. Tabel 8 menunjukkan faktor kondisi yang mengacu pada nilai kondisi struktur jembatan berdasarkan BMS.

Tabel 8 - Faktor Kondisi (ϕ_c)

Nilai kondisi bangunan atas	Deskripsi kondisi	ϕ_c	
		Bangunan Atas	Lantai
0	Jembatan dalam keadaan baru tanpa Kerusakan Cukup Jelas. Elemen jembatan berada dalam kondisi baik	1,00	1,00
1	Kerusakan sangat sedikit (dapat diperbaiki dengan pemeliharaan rutin tidak berdampak pada keamanan atau fungsi jembatan)	1,00	1,00
2	Kerusakan yang memerlukan pemantauan atau pemeliharaan di masa yang akan datang, memberikan tanda-tanda diperlukan penggantian	0,90	1,00
3	Kerusakan yang membutuhkan perhatian (kemungkinan akan menjadi serius dalam 1 bulan)	0,70	0,70
4	Kondisi kritis, kerusakan yang membutuhkan tindakan segera	0,30	0,30
5	Runtuh atau tidak berfungsi lagi	0	0

4.6.5 Faktor sistem (ϕ_s)

Faktor sistem diterapkan pada tahanan nominal untuk menggambarkan tingkat pengurangan dari sistem bangunan atas yang lengkap. Jembatan dengan faktor reduksi yang kecil mempunyai faktor kapasitas komponen yang berkurang, sehingga memiliki penilaian beban yang lebih rendah. Faktor sistem pada Tabel 8 untuk struktur baja dan Tabel 9 untuk struktur beton bertulang yang keduanya berdasarkan AASHTO.

Tabel 9 - Faktor sistem(ϕ_s) untuk struktur baja

Elemen	ϕ_s
Lentur	0,90
Geser	0,90
Aksial Tekan	0,85
Aksial Tarik terhadap kuat tarik leleh	0,90
Aksial Tarik terhadap kuat tarik fraktur	0,75
Penghubung Geser	0,75
Sambungan Baut	0,75
Hubungan las tumpul penetrasi penuh	0,90
Hubungan las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

Tabel 10 - Faktor sistem(ϕ_s) untuk struktur beton bertulang

Elemen	ϕ_s
Lentur	0,80
Geser dan torsi	0,70
Aksial tekan dengan tulangan spiral	0,70
Aksial tekan dengan sengkang biasa	0,65
Tumpuan beton	0,70

4.7 Pembatasan beban

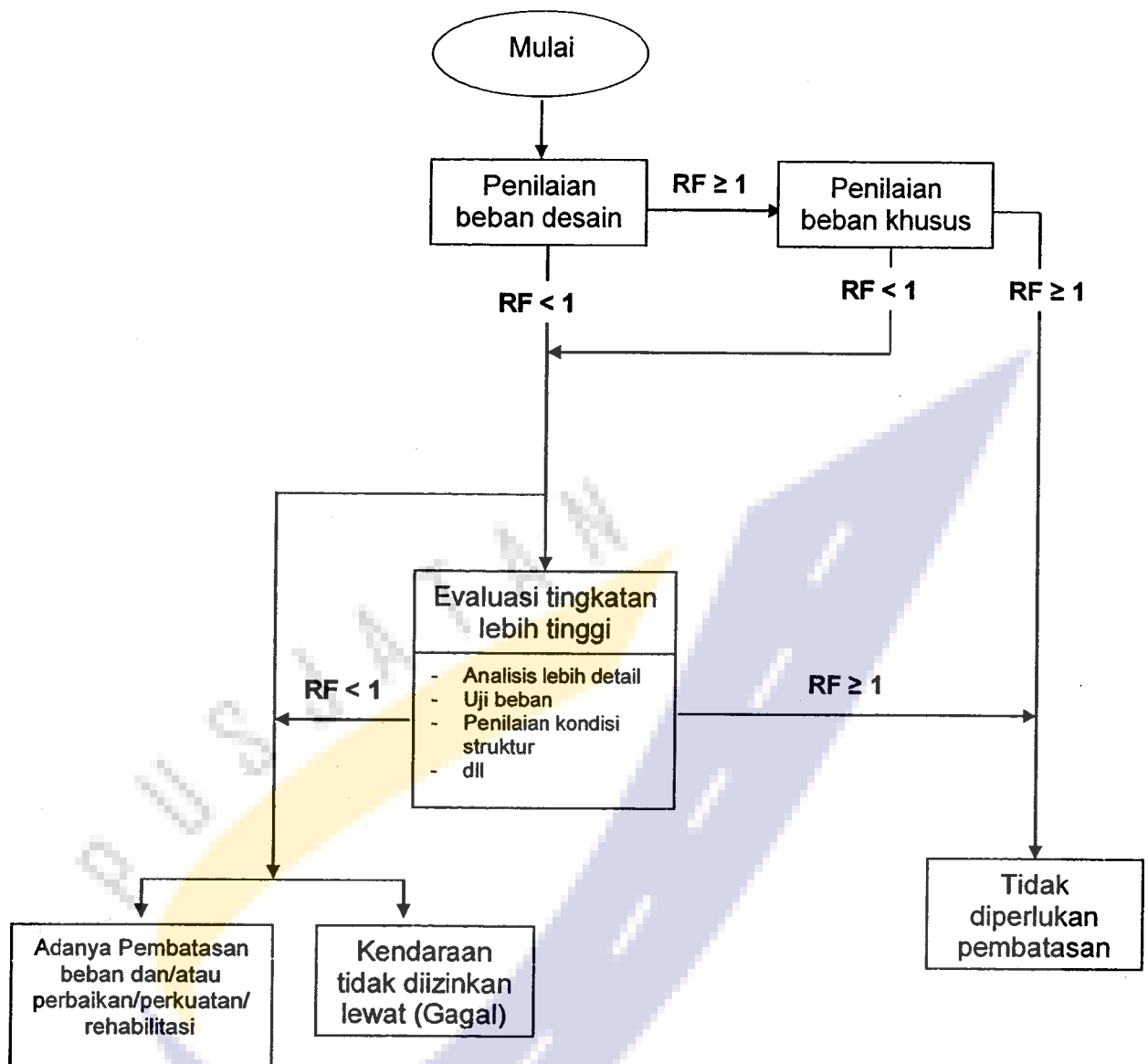
Pembatasan beban yang dapat melalui jembatan harus sesuai dengan peraturan atau kebijakan setempat, dengan menggunakan pedoman ini. Beban jembatan harus dibedakan dari penilaian beban. Kegiatan penilaian beban dan inspeksi adalah kegiatan berkaitan aktivitas tenaga ahli, sedangkan beban jembatan adalah keputusan kebijakan yang dibuat oleh pemilik jembatan.

Jembatan tidak mampu memikul beban hidup bruto sebesar tiga ton harus ditutup. Pemilik dapat menutup struktur jembatan pada setiap kondisi yang diperlukan. Ketika memutuskan untuk menutup atau membuka jembatan, pemilik harus mempertimbangkan karakter lalu lintas, kemungkinan kendaraan kelebihan beban, dan pemberlakuan batas beban.

Jembatan beton tidak perlu pembatasan beban jika sudah dibebani lalu lintas normal untuk satu waktu tertentu dan tidak menunjukkan adanya tanda kerusakan. Aturan umum ini juga berlaku untuk jembatan yang detail penulangannya tidak diketahui. Jembatan harus diperiksa secara berkala untuk memverifikasi tingkat kinerjanya.

5 Prosedur penilaian beban terhadap kapasitas jembatan

Hasil dari setiap prosedur dapat dipakai untuk penggunaan yang spesifik dan juga menuntun untuk evaluasi lebih lanjut dalam keselamatan atau daya layan jembatan yang telah diperiksa. Diagram alir yang menguraikan pendekatan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



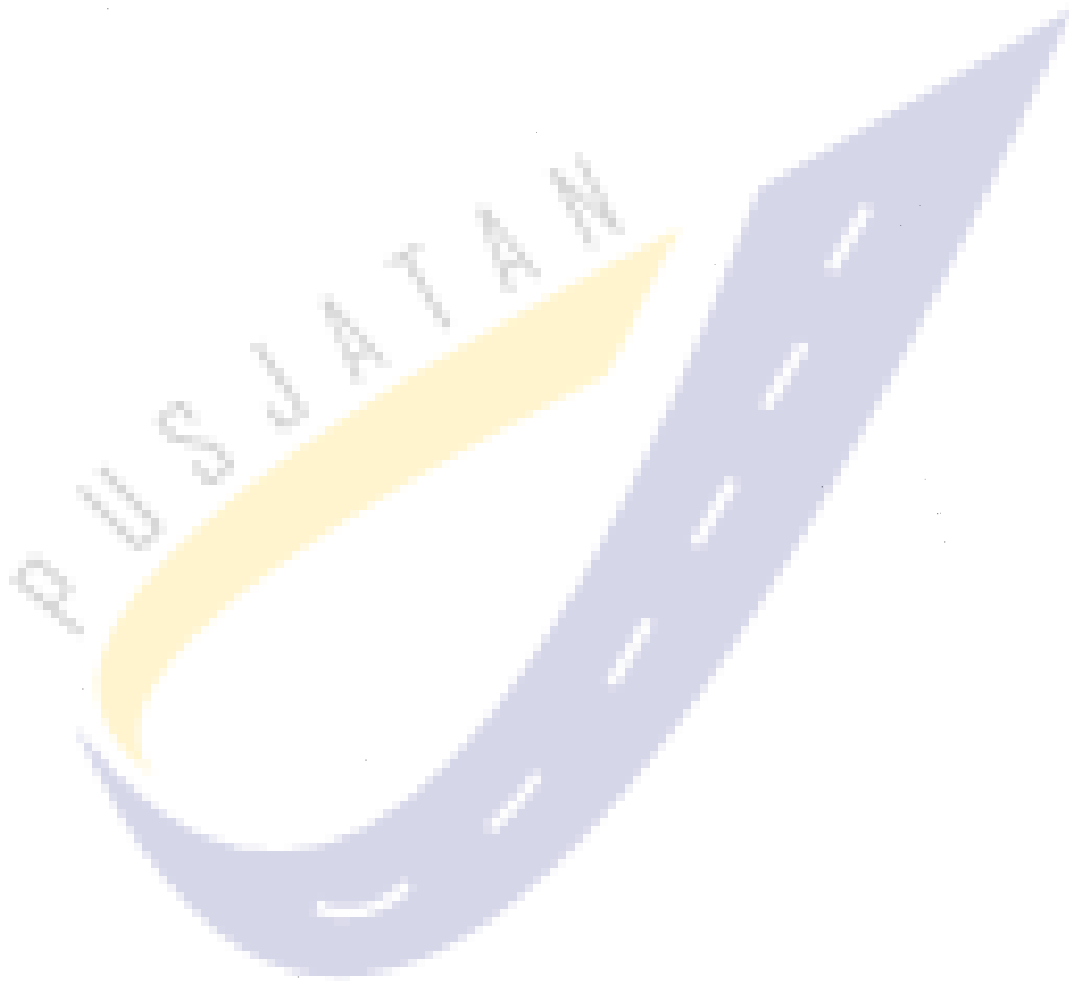
Gambar 1 - Tahapan untuk penilaian beban

5.1 Penilaian beban desain

Jika faktor penilaian (RF) lebih besar atau sama dengan 1, maka jembatan tersebut tidak membutuhkan tindakan penanganan (tidak perlu pembatasan beban atau perbaikan), atau jika diperlukan, dapat menghitung penilaian untuk beban khusus yang akan melintas jembatan. Jika RF dari hasil penilaian beban desain lebih kecil dari satu maka perlu dilakukan penanganan, baik itu pembatasan beban, perbaikan, perkuatan, atau rehabilitasi pada struktur jembatan. Atau dapat dilakukan evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi, dengan pemeriksaan khusus yang menggunakan uji tidak merusak dan analisis yang lebih detail.

5.2 Penilaian beban khusus

Jika RF dari penilaian beban khusus ini lebih besar atau sama dengan satu maka beban khusus tersebut diizinkan lewat. Jika RF dari hasil penilaian beban khusus lebih kecil dari satu maka kendaraan khusus tersebut tidak diperbolehkan melintasi jembatan (gagal) Atau dapat dilakukan evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi, dengan pemeriksaan khusus yang menggunakan uji tidak merusak dan analisis yang lebih detail. Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan tindakan penanganan pada jembatan jika kendaraan khusus tersebut memang harus melewati jembatan.



Lampiran A (informatif)

Contoh perhitungan penilaian kapasitas jembatan terhadap beban

Jembatan gelagar baja I, lantai beton.
Panjang bentang 18 m
Lebar jalan 6,5 m
Dibangun setelah tahun 1970 (asumsi $f_y = 250$ MPa , lihat tabel 7)

Rencana pembebanan jembatan ini tidak diketahui, sehingga diperlukan analisis jembatan untuk menentukan penilaian bebannya.

Pemeriksaan dan pengukuran jembatan memberikan perincian detail berikut:

Tebal lantai	= 0,20 m
Lebar kerb	= 0,30 m
Tinggi kerb	= 0,25 m
Jumlah gelagar	= 5
Jarak gelagar	= 1,4 m
Flens atas gelagar	= 0,35 x 0,024 m
Flens bawah gelagar	= 0,35 x 0,024 m
Badan gelagar	= 0,012 x 1,00 m

Dalam evaluasi, lantai dianggap tidak komposit. Jika terjadi tegangan geser positif antara lantai dan gelagar, maka tegangan tersebut dipikul oleh flens atas dan flens bawah. Anggapan tersebut didukung oleh percobaan.

Perhitungan struktural memberikan perincian rencana seperti berikut:

Berat sendiri gelagar = 2,23 kN/m

Beban mati tambahan pada gelagar-gelagar:

Gelagar dalam = 6,72 kN/m

Gelagar luar = 7,56 kN/m

Besaran penampang gelagar (semua gelagar identik):

Luas = 0,029 m²

Modulus penampang = 0,0103 m³

Tegangan leleh baja dalam gelagar-gelagar dianggap 250 MPa berdasarkan umur jembatan. Kondisi jembatan terdapat kerusakan besar yang mengurangi keamanan jembatan (nilai kondisi 3).

Faktor beban :

Kondisi batas *strength I* (Kombinasi dasar pembebanan)

Y_{DC} = 1,25

Y_{DW} = 1,50

Y_{LL} = 1,80

ϕ_c = 0,70

ϕ_s = 0,90

ϕ = 1,00

$$M_n = f_y \text{ baja} \times \text{Modulus penampang baja}$$

$$M_n = 250 \times (0,0103 \times 10^9) = 2575 \text{ kN.m}$$

$$C = \phi_c \phi_s \phi M_n = 1622,25 \text{ kN.m}$$

Rencana momen lentur beban mati :

$$M_{U(DC+DW)} = Y_{DC} DC + Y_{DW} DW$$

$$\text{Gelagar luar} = [(1,25 \times 2,23) + (1,50 \times 7,56)] \times 18^2 / 8 = 572,164 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gelagar dalam} = [(1,25 \times 2,23) + (1,50 \times 6,72)] \times 18^2 / 8 = 521,134 \text{ kN.m}$$

(diambil yang terbesar → Gelagar luar)

Rencana momen lentur runtuh *ultimate* total untuk pembebanan "D" pada panjang bentang 18 m untuk gelagar tunggal adalah

$$L_{\text{kend.gel.tunggal}} = \text{jarak antar gelagar} = 1,4 \text{ m}$$

$$q = 9 \text{ KPa} = 9 \text{ kN/m}^2 \text{ (sesuai dengan SNI Pembebanan untuk jembatan)}$$

$$q_{LL} = (9 \times L_{\text{kend.gel.tunggal}}) = (9 \times 1,4) = 12,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{LL} = 1/8 \times q_{LL} \times (\text{Panjang bentang})^2 = 1/8 \times 12,6 \times 18^2 = 510,3 \text{ kN.m}$$

$$M_{u,LL} = Y_{LL} \times M_{LL} = 1,8 \times 510,3 = 918,54 \text{ kN.m}$$

$$RF = \frac{C - M_{U(DC+DW)}}{M_{u,LL}}$$

$$RF = \frac{1622,25 - 572,164}{918,54} = 1,14$$

Dengan nilai RF 1,14 ($RF > 1$), maka jembatan masih aman terhadap beban desain "D" dan tidak memerlukan tindakan penanganan (lihat Gambar 1).

Bibliografi

RSNI T-03-2005, Perencanaan struktur baja untuk jembatan

RSNI T-12-2004, Perencanaan struktur beton untuk jembatan

Buku Beton Tulang (1951)

Atlas of Stress Strain Curves 2nd Edition, ASM International, (2004).

