

Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Persyaratan umum.....	2
5 Bahan.....	3
6 Pembuatan.....	4
7 Toleransi	5
8 Penandaan.....	6
9 Pengujian bantalan dan kriteria penerimaan.....	6
10 Pengujian pilihan.....	7
10.1 Penentuan regangan tekan pada beban rencana maksimum	7
10.2 Pengujian tekan dengan benda uji dimiringkan untuk modulus geser.....	8
10.3 Metode pengujian kekakuan tekan	10
Lampiran A (informatif) Gambar alat uji dan bantalan elastomer	13
Lampiran B (normatif) Formulir pengujian bantalan elastomer untuk perletakan jembatan ..	15
Bibliografi.....	16
Gambar 1 Pemasangan pengujian tekan dengan benda uji miring	8
Gambar 2 Beban tekan vs perpindahan geser	10
Gambar 3 Pemasangan benda uji	11
Gambar 4 Penempatan transduser	11
Gambar 5 Kurva beban-pergerakan	12
Gambar A.1 Pelat uji inklinasi untuk pengujian modulus geser	13
Gambar A.2 Bantalan elastomer	14
Tabel 1 Sifat-sifat karet.....	3
Tabel 2 Toleransi	5

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang "Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan" adalah revisi dari SNI 03-3967-2002, *Spesifikasi perletakan elastomer jembatan tipe polos dan tipe laminasi* dan SNI 03-4801-1998, *Metode pengujian bantalan karet untuk perletakan jembatan*, serta mengacu pada AASHTO M 251-04, *Standard specification for plain and laminated elastomeric bridge bearings*, dan telah dilakukan beberapa perubahan yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, melalui Gugus Kerja Konstruksi Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada Subpanitia Teknik Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum Konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 10 Mei 2006 di Bandung, oleh Sub Panitia Teknik yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan ini disusun untuk menggantikan SNI 03-3967-2002 dan SNI 03-4801-1998 yang telah terbit sebelumnya. Diharapkan dengan adanya spesifikasi dan cara uji yang terdapat dalam satu buku, akan mempermudah para pihak terkait dalam menggunakan SNI tentang bantalan elastomer untuk perletakan jembatan. Dalam standar ini masih dibahas mengenai spesifikasi bahan yang diambil dari AASHTO M 251-1997 yang bertujuan untuk menjaga bantalan yang akan digunakan tidak hanya kuat secara mekanis akan tetapi memiliki daya tahan (*durability*) yang sesuai sehingga dapat mendukung usaha mempertahankan usia jembatan sebagai infrastruktur yang penting dalam kegiatan perekonomian suatu wilayah.

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi persyaratan bahan bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan. Bantalan elastomer yang dibuat berdasarkan spesifikasi ini harus memiliki kemampuan yang cukup terhadap pemuaian dan kontraksi akibat temperatur, rotasi, perubahan kemiringan (*chamber changes*), serta rangkai dan susut yang terjadi pada elemen struktur. Pengujian yang terdapat dalam standar ini adalah pengujian bantalan elastomer untuk jembatan yang meliputi pengujian beban berlebih (1,5 x beban rencana), regangan tekan pada beban rencana maksimum, pengujian tekan dengan benda uji dimiringkan untuk modulus geser, dan pengujian kekakuan tekan.

2 Acuan normatif

SNI 03-4816-1998, *Spesifikasi bantalan karet untuk perletakan jembatan*

AASHTO M. 251 1997, *Standard specification for plain and laminated elastomeric bridge bearing*

AASHTO R. 11, *Indicating which places of figures are to be considered significant in specified limiting values*

AASHTO T. 67, *Standard practices for force-verification of testing machines*

AASHTO 1992, *Standard specifications for highway bridges*

ANSI B46.1, *Surfaces and surfacing*

ASTM A 36/A. A 36 M, *Specification for carbon structural steel.*

ASTM D 412, *Test method for vulcanized rubber and thermoplastic rubbers and thermoplastic elastomers tension*

ASTM D 395, *Rubber property, compression set*

ASTM D 573, *Rubber, deterioration in air oven*

ASTM D 746, *Test method for brittleness temperature of plastics and elastomerics by impact*

ASTM A 1011M, *Specification for steel, sheet and strip*

ASTM D 2240, *Test method for rubber property, durometer hardness*

ASTM D 4014, *Specification for plain and steel-laminated elastomeric bearings for bridges*

3 Istilah dan definisi

3.1

bantalan berlapis (*laminasi*)

bantalan elastomer yang terdiri dari karet dan menggunakan lapisan pelat baja atau lapisan anyaman (*fabric*)

3.2

bantalan elastomer

suatu elemen jembatan yang terbuat dari karet alam atau karet sintetis (*neoprene*) yang berfungsi untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah

3.3

bantalan polos

bantalan elastomer yang hanya terdiri dari karet saja

3.4

duro

kelompok nilai kekerasan karet yang diuji dengan alat durometer

3.5

kompon

bahan mentah yang diperoleh dari campuran bahan baku karet ditambah bahan-bahan lainnya untuk meningkatkan kekuatan dan keawetan dari karet

3.6

lot

kumpulan dari 100 buah bantalan karet atau kurang yang diproduksi dengan cara terus-menerus dari campuran karet yang sama, dirawat di bawah kondisi yang sama, dan semuanya terdiri dari ukuran dan tipe yang sama

3.7

penuaan (*aging*)

proses mempercepat kerusakan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap pengaruh lingkungan

4 Persyaratan umum

- a) Semua bantalan harus dirancang sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam standar ini.
- b) Ukuran bantalan elastomer yang dibuat harus sesuai dengan ukuran yang terdapat pada dokumen rancangan dengan toleransi yang terdapat pada pasal 7 dalam spesifikasi ini. Bantalan harus terbuat dari bahan yang disyaratkan; harus diuji pada tingkat yang dapat diterima; dan harus memenuhi semua persyaratan khusus yang ditentukan.
- c) Pihak penyedia jasa harus memberitahukan secara tertulis kepada pengguna jasa 30 hari sebelum memulai produksi bantalan. Pemberitahuan ini harus memuat nomor kontrak, jumlah, jenis kompon dan ukuran bantalan yang diproduksi, nama pembuat, lokasi, dan perwakilan yang akan mengkoordinasi kegiatan produksi, pemeriksaan, pengambilan contoh, dan pengujian dengan pihak pengguna jasa.
- d) Pengujian sifat-sifat fisik bantalan elastomer dapat berupa pengujian yang merusak terhadap satu atau lebih bantalan elastomer dari suatu lot. Dalam hal ini biaya penyediaan tambahan bantalan elastomer untuk keperluan pengujian ditanggung oleh penyedia jasa.

- e) Apabila dalam satu rangkaian produksi dihasilkan bantalan untuk lebih dari satu pengguna jasa, maka pihak penyedia jasa harus menyediakan sertifikat yang berbeda untuk masing-masing pengguna jasa.
- f) Sebagai tambahan persyaratan bahan dalam komponen satuan bantalan, spesifikasi ini menyediakan persyaratan penerimaan untuk bantalan yang telah jadi.

5 Bahan

- a) Bahan-bahan campuran karet yang digunakan dalam pembuatan bantalan ini harus berupa *polycholoprene* asli (*neoprene*) tahan kristalisasi atau *polyisoprene* asli (karet alam) saja sebagai polimer mentah. Bantalan elastomer yang terbuat dari gabungan *polycholoprene* dan *polyisoprene* atau bahan lain, yang digabung dalam bentuk kompon, bentuk lapisan penyusun atau bentuk lainnya tidak diperkenankan. Seluruh bahan harus baru dan bukan daur ulang yang diambil dari bantalan yang telah jadi.
- b) Karet yang telah jadi harus memenuhi persyaratan minimum pada Tabel 1. Sifat kompon karet yang tercantum pada Tabel 1 harus ditentukan berdasarkan pengambilan contoh dari bantalan yang akan digunakan.

Tabel 1 Sifat-sifat karet

Pengujian		Standar ASTM	Karet alam			Karet sintetis (<i>Neoprene</i>)			Satuan
			50 duro	60 duro	70 duro	50 duro	60 duro	70 duro	
Sifat fisik	Modulus geser minimum	D. 412	0,80	0,80	0,80	0,55	0,55	0,55	MPa
	Kekerasan shore "A"	D.2240	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	Point
	Kuat tarik minimum	D. 412	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	MPa
	Perpanjangan ultimit minimum		450	400	300	400	350	300	%
Ketahanan terhadap panas (<i>heat resistance</i>)	Temperatur spesifik pengujian	D. 573	70	70	70	100	100	100	°C
	Lama pengusangan (<i>aging</i>)		168	168	168	70	70	70	Jam
	Perubahan mak. kekerasan "shore A"		+ 10	+ 10	+ 10	+ 15	+ 15	+ 15	Point
	Perubahan maksimum pada kuat tarik		-25	-25	-25	-15	-15	-15	%
	Perubahan maksimum pada perpanjangan ultimit		-25	-25	-25	-40	-40	-40	%
Perubahan akibat tekanan (<i>compression set</i>)	Temperatur spesifik pengujian	D. 395 Metoda B	70	70	70	100	100	100	°C
	Perubahan mak. yang diizinkan setelah 22 jam		-25	-25	-25	-35	-35	-35	%
Kuat lekat (<i>adhesion strength</i>)	Kuat lekat minimum yang diizinkan	D 429 Metoda E	40	40	40	40	40	40	lb/in
Ketahanan ozon	Konsentrasi ozon	D.1149	25	25	25	100	100	100	MPa
	Lama pengujian		48	48	48	100	100	100	Jam
	Dengan regangan 20% pada temperatur ± 37,7°C prosedur penempatan D. 518, prosedur A		Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	

- c) Seluruh pengujian bahan harus dilakukan pada temperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, jika temperatur lain tidak ditetapkan.
- d) Untuk keperluan penentuan kesesuaian dengan spesifikasi ini, nilai yang diamati atau dihitung, harus dibulatkan ke 100 kPa terdekat untuk kuat tarik, ke 10% terdekat untuk perpanjangan.
- e) Minimum satu buah bantalan contoh dari setiap lot, harus diuji terhadap kesesuaian dengan Tabel 1.

- f) Lapisan baja yang digunakan untuk penguat harus dibuat dari baja lembut gulungan sesuai dengan ASTM A 36/A. A 36M, ASTM A 1011 M, atau yang setara, kecuali disyaratkan lain oleh pengguna jasa. Lapisan baja harus memiliki ketebalan yang ditetapkan oleh pengguna jasa atau, apabila tidak ditentukan, harus memiliki ketebalan nominal minimum 1,52 mm. Lubang atau celah pada pelat akibat proses pembuatan tidak diperbolehkan, kecuali dipertimbangkan dalam perancangannya.
- g) Pelat beban bantalan yang berada di luar harus sesuai dengan persyaratan ASTM A 36/A A 36M, ASTM A 1011M, atau yang setara, kecuali disyaratkan lain dalam dokumen kontrak. Selain dari yang telah tertulis, seluruh lapisan permukaan pelat beban pada bantalan harus diratakan dengan mesin sampai 0,25 mm. Permukaan bagian bawah (pelat pasangan) yang dirancang untuk dudukan pada perletakan tidak boleh melewati kerataan yang lebih dari 1,59 mm. Pelat beban bantalan yang berada di luar harus terlindung dari karat sampai seluruh permukaan yang terlihat dilapis cat di lapangan. Semua penyebab dan gejala karat harus dibuang dari permukaan bagian yang akan di las sebelum mulai di las.
- h) Lapisan anyaman (*fabric*) - Lapisan anyaman harus dijalin dari 100% serat kaca (*fibre glass*) tipe E dengan anyaman menerus. Banyaknya alur minimum pada masing-masing arah adalah 10 alur per cm. Anyaman tersebut harus memiliki kerisut atau suatu jalinan satin 8 ikatan (*harness*). Setiap lapisan anyaman harus memiliki kuat putus minimum 140 kN/m lebar untuk setiap arah.

6 Pembuatan

- a) Bantalan dengan lapisan baja harus dicetak sebagai satu kesatuan dalam cetakan, direkat, dan divulkanisasi di bawah panas dan tekanan. Cetakan harus memiliki bentuk yang tercetak memenuhi standar. Lapisan baja dalam harus disemprot bersih sampai memenuhi SSPC-Vis 1-89, dan harus dibersihkan dari minyak atau pelumas sebelum perekatan. Lembaran baja harus bersih dari sudut-sudut tajam dan kasar, dan harus memiliki selimut sisi sedikitnya 6 mm. Pelat beban luar (lempeng bagian bawah) harus dilindungi dari karat oleh penyedia jasa, dan harus digabung dengan cara pemanasan dengan bantalan selama vulkanisasi. Bantalan dengan lapisan baja yang direncanakan untuk bekerja sebagai satu kesatuan dengan faktor bentuk yang diberikan harus dibuat sebagai satu kesatuan.
- b) Bantalan dengan lapisan lembaran anyaman dapat dicetak dan divulkanisasi dalam lembaran besar dan dipotong sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Pemotongan harus dilakukan sedemikian sehingga menghindari pemanasan bahan dan menghasilkan bentuk akhir yang halus tanpa terjadi pemisahan anyaman dengan karet. Lembaran anyaman harus bebas dari lipatan dan gelombang dan harus sejajar dengan permukaan atas dan bawah. Jika lempeng baja luar diperlukan, proses penggabungan dingin yang akan menghasilkan kekuatan yang dikehendaki sesuai dengan standar ini dapat digunakan, selain menggunakan proses penggabungan panas.
- c) Bantalan tipe polos dapat dicetak atau dibuat dengan cara penekanan ke dalam cetakan, dan divulkanisasi dalam bentuk lembaran besar dan dipotong sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Pemotongan tidak diizinkan dengan memanaskan bahan dan harus menghasilkan pekerjaan akhir yang halus sesuai dengan ANSI B46.1, 6.3 μm . Bantalan elastomer penuh harus dicetak sesuai dengan ketebalan yang ditetapkan. Penyedia jasa tidak diizinkan membuat bantalan dengan pencapaian ketebalan yang dikerjakan dengan cara merekatkan lapisan yang lebih tipis. Lempeng beban luar, bila digunakan, harus dilindungi dari karat oleh penyedia jasa, dan harus direkatkan secara panas dengan vulkanisasi selama proses pencetakan awal.

7 Toleransi

Bantalan tipe polos dan bantalan tipe berlapis harus dibuat berdasarkan ukuran rancangan dan toleransi yang tercantum pada Tabel 2, kecuali toleransi lain tercantum pada gambar rancangan. Gunakan rumus berikut untuk menghitung batas toleransi kelurusan lapisan baja bila toleransi #3. (± 3 mm) terlampaui:

$$7,50 + v/h_r \leq 0,35 \text{ dengan syarat } \theta \leq 0,02 \text{(1)}$$

dengan pengertian:

h_r adalah ketebalan lapisan karet pelapis yang disyaratkan;

θ adalah nilai mutlak perputaran sudut lapisan baja, dinyatakan dalam radian;

v adalah perpindahan tegak lurus, dinyatakan dalam mm.

$$v = [h_r - 0,5 (H_1 + H_2)] \text{(2)}$$

untuk lapisan dalam

$$\theta = [(H_1 - H_2) / 2L] \text{(3)}$$

untuk lapisan atas dan bawah selama ketebalan lapisan karet minimum $H_2 \geq 5$ mm;

$$\theta = [(H_1 - H_2) / L] \text{(4)}$$

dengan pengertian:

L adalah panjang bantalan;

H_1 adalah ketebalan maksimum yang terukur pada tepi lapisan;

H_2 adalah ketebalan minimum yang terukur pada tepi lapisan.

Bantalan yang memenuhi batas toleransi berdasarkan rumus tadi juga harus memenuhi uji regangan tekan atau uji tekan inklinasi.

Tabel 2 Toleransi

Uraian	Dimensi (mm)
Dimensi vertikal keseluruhan:	
Tebal 32 mm atau kurang	-0, +3
Tebal lebih dari 32 mm	-0, +6
Dimensi horizontal keseluruhan:	
Untuk pengukuran 914 mm atau kurang	-0, +6
Untuk pengukuran lebih dari 914 mm	-0, +12
Tebal lapisan karet seluruh bagian (bantalan berlapis)	± 3
Variasi terhadap permukaan teoritis:	
Atas	Kemiringan relatif terhadap dasar tidak lebih dari 0,005 radian
Samping	-0, +6
Posisi elemen penyambung yang terekpos	± 3
Penutup ujung elemen penyambung	-0, +3
Ukuran lubang, celah dan sisipan	± 3
Posisi lubang, celah dan sisipan	± 3

8 Penandaan

Masing-masing bantalan elastomer harus ditandai dengan tinta yang tidak dapat dihapus atau dengan cat lentur. Penandaan harus terdiri dari nomor urut, nomor kelompok, nomor tanda bantalan, dan tingkat serta jenis kompon karet. Jika tidak disyaratkan lain dalam dokumen kontrak, penandaan harus pada bagian muka yang terlihat setelah perakitan jembatan.

9 Pengujian bantalan dan kriteria penerimaan

- a) Seluruh peralatan uji yang digunakan untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi ini harus dikalibrasi secara teratur setahun sekali sesuai dengan AASHTO T 67.
- b) Pengambilan benda uji, pengujian dan pertimbangan penerimaan dibuat berdasarkan kelompok produksi. Satu kelompok bantalan elastomer harus dipertimbangkan dalam bentuk satu kelompok yang terdiri dari 100 buah bantalan atau kurang yang diproduksi dengan cara terus menerus dari campuran karet yang sama, dirawat di bawah kondisi yang sama, dan semuanya terdiri dari ukuran dan tipe yang sama (polos, berlapis anyaman atau berlapis baja). Satu kelompok dapat mencakup 100 buah bantalan atau kurang yang mengandung lembaran anyaman dari ukuran rencana yang berbeda jika dipotong dari lembaran besar atau lembaran yang memenuhi persyaratan ini.
- c) Penyedia jasa harus menandai bantalan-bantalan pada masing-masing kelompok dan menyatakan bahwa masing-masing bantalan dalam kelompok dibuat secara terus menerus dari komposisi karet yang sama, dan dirawat di bawah kondisi yang sama. Sebagai tambahan, penyedia jasa harus menyatakan bahwa masing-masing bantalan pada kelompok memenuhi persyaratan spesifikasi rencana dan memenuhi toleransi ukuran pada pasal 7 standar ini.
- d) Dimensi dari setiap bantalan harus diperiksa. Jika ada ukuran yang berada di luar batas yang tercantum pada Tabel 2, bantalan tersebut harus ditolak.
- e) Pengguna jasa harus memilih contoh bantalan uji dari kelompok bantalan untuk keperluan pengujian sesuai dengan spesifikasi ini. Jumlah benda uji yang harus diambil adalah:
 - bantalan tipe polos: dua buah bantalan utuh dari setiap kelompok;
 - bantalan tipe berlapis: satu bantalan utuh per sepuluh buah bantalan dalam satu kelompok bantalan, dengan jumlah minimum dua buah bantalan.
- f) Karet yang diambil dari bantalan contoh harus diuji untuk kesesuaian dengan persyaratan dalam spesifikasi ini. Jika contoh karet yang diambil gagal memenuhi persyaratan manapun yang tercantum, kelompok bantalan tersebut harus ditolak.
- g) Pengujian dapat dilakukan oleh penyedia jasa, oleh lembaga pengguna jasa atau oleh pihak luar seperti laboratorium *independent* dengan persetujuan pengguna jasa. Jika pengujian dilakukan oleh penyedia jasa atau laboratorium *independent*, sertifikat hasil pengujian harus disediakan. Tanpa mengabaikan lembaga yang ditunjuk untuk melakukan pengujian, pengguna jasa memiliki hak untuk menguji kembali contoh dari bantalan untuk konfirmasi hasil pengujian.
- h) Kriteria bantalan harus meliputi hal-hal berikut ini:
 - minimum 2 buah bantalan yang dipilih secara acak dari setiap kelompok bantalan harus dilakukan regangan tekan dengan 4 siklus pembebanan sesuai dengan 10.2 dalam standar ini. Apabila gagal dalam pengujian tersebut, maka kelompok bantalan tersebut harus ditolak;

- setiap bantalan contoh harus dibebani beban tekan berlebih (*overload*) sampai 1,5 kali beban rencana maksimum. Beban tersebut harus ditahan selama 5 menit, dilepaskan, dan dibebani kembali untuk yang kedua kalinya selama 5 menit. Bantalan tersebut harus diamati secara visual pada pembebanan kedua. Jika bantalan menunjukkan adanya kerusakan seperti bagian sudut yang melipat secara berlebihan, retak secara terpisah pada permukaan sedalam > 2 mm dan atau selebar > 2 mm atau satu keretakan dengan kedalaman > 3 mm dan atau lebar > 6 mm, kelompok bantalan tersebut harus ditolak. Untuk tipe berlapis, pola tonjolan mempengaruhi penempatan lapisan yang tidak memenuhi kriteria perencanaan dan toleransi produksi, atau apabila tonjolan tersebut akibat ikatan antar lapisan yang buruk, lot tersebut harus ditolak;
 - setiap bantalan contoh harus diuji untuk menentukan regangan tekan pada beban tekan rencana maksimum sesuai metoda uji dalam standar ini, jika perancang struktur menentukan nilai maksimum regangan tekan pada beban tersebut;
 - sebagai tambahan, pengujian-pengujian yang tercantum dalam standar ini dapat saja dilakukan kembali terhadap bantalan utuh lainnya untuk memastikan bahwa tidak semua bantalan dari suatu kelompok bantalan memiliki kualitas yang buruk, dengan catatan hasil pengujian tersebut dapat dipertanggung jawabkan.
- i) Prosedur pilihan apabila diperlukan oleh pengguna jasa.
 - j) Pengujian modulus geser bantalan harus dilakukan pada temperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan petunjuk pada metoda uji dalam standar ini. Modulus geser harus ditentukan dengan menguji bantalan yang diambil dari bantalan contoh. Dengan kata lain atas pilihan pengguna jasa, suatu uji kekakuan yang tidak merusak sebagai pembanding dapat dilakukan pada sepasang bantalan contoh. Jika uji tidak merusak telah dilakukan, modulus gesernya dapat dihitung dari kekakuan geser bantalan yang telah terukur, dihitung besarnya pengaruh kekakuan geser terhadap ukuran bantalan dan beban tekan. Modulus geser yang didapat harus berkisar 15% dari nilai yang disyaratkan. Jika modulus gesernya tidak memenuhi persyaratan minimum, lot tersebut harus ditolak.
 - k) Pengguna jasa boleh mengajukan pengujian lebih lanjut seperti uji fatik atau uji sampai hancur.

10 Pengujian pilihan

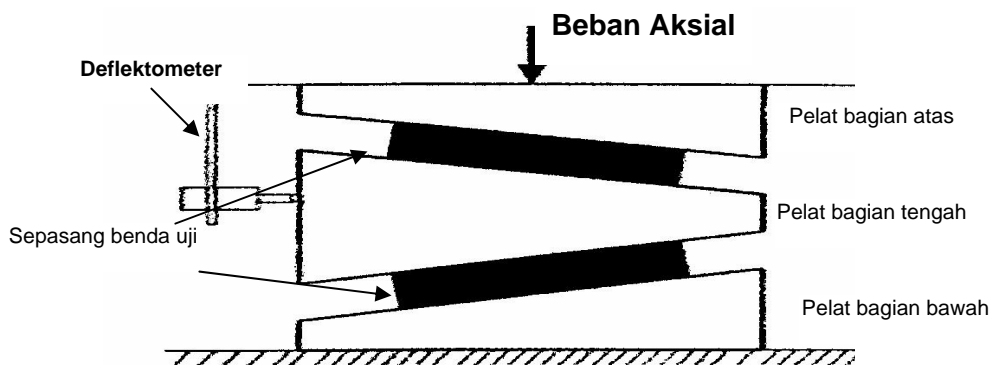
10.1 Penentuan regangan tekan pada beban rencana maksimum

- a) Bantalan yang akan diuji, harus ditempatkan pada mesin uji yang mampu memberikan beban tekan sama dengan beban tekan mati ditambah beban hidup layan rencana maksimum.
- b) Sepasang deflektometer harus ditempatkan pada mesin pengujian pada sisi bantalan yang berlawanan. Deflektometer tersebut harus ditempatkan sedekat mungkin dengan titik pusat bantalan.
- c) Bantalan tersebut harus dibebani pada kecepatan 520 kPa/menit ($5,2 \text{ kg/cm}^2/\text{menit}$), sampai tegangan tekan mencapai 5% dari beban mati rencana maksimum ditambah beban hidup. Beban 5% ini harus dipertahankan selama 2 menit. Pada akhir periode ini, nilai yang ditunjukkan pada deflektometer harus dicatat.
- d) Beban tekan tersebut harus dinaikkan dengan kecepatan $5,2 \text{ kg/cm}^2/\text{menit}$ sampai tegangan tekan mencapai beban mati ditambah beban hidup layan rencana maksimum. Beban ini harus dipertahankan selama 2 menit. Pada akhir periode ini, nilai yang ditunjukkan pada deflektometer harus dicatat.

- e) Penurunan total akibat kedua pembebanan tekan tersebut harus dihitung untuk masing-masing deflektometer. Regangan tekan bantalan dihitung sebagai penurunan rata-rata akibat beban tekan yang ditunjukkan oleh dua pasang deflektometer dibagi dengan tebal efektif rencana bantalan yang diuji.

10.2 Pengujian tekan dengan benda uji dimiringkan untuk modulus geser

- a) Pengujian ini untuk menentukan modulus geser bantalan elastomer skala penuh dari kurva gaya tekan-perpindahan setelah tiga siklus pengkondisian sampai 65% regangan.
- b) Suatu mesin penguji tekan harus digunakan untuk memberikan beban terhadap sepasang bantalan yang diuji di antara tiga pelat yang dimiringkan seperti Gambar 1.
- c) Pelat yang dimiringkan harus terbuat dari baja atau aluminum. Kemiringan permukaan dapat beragam antara 1 : 10 hingga 1 : 20. Seluruh pelat harus memiliki kemiringan permukaan yang sama. Ukuran pelat harus lebih besar dari ukuran elastomer yang diuji. Ketebalan minimum pelat aluminum harus 12 mm. Pelat bawah dan pelat atas harus disatukan pada mesin penguji.
- d) Semua permukaan pelat yang memiliki bidang kontak dengan permukaan bantalan harus dikasarkannya untuk mencegah bantalan tergelincir selama pengujian. Pengasaran dapat dilakukan dengan pemukulan menggunakan alat untuk mengasarkannya permukaan beton, atau disemprot dengan pasir atau cara-cara lain untuk maksud yang sama. Gerusan kecil yang tidak lebih dalam dari 1 mm juga dapat digunakan untuk memberikan permukaan yang anti gelincir.



Gambar 1 Pemasangan pengujian tekan dengan benda uji miring

- e) Bantalan elastomer harus memiliki ketebalan seragam dan berpenampang melintang segi empat atau bulat. Ketebalan tidak boleh kurang dari 6 mm. Panjang dan lebar masing-masing bantalan tidak boleh kurang dari 4 kali tebal.
- f) Bantalan tipe polos harus direkatkan pada pelat yang kaku pada kedua permukaan atas dan bawahnya. Temperatur perawatan sistem perekatan tidak boleh lebih dari 40°C. Pelat harus memiliki penampang melintang segi empat dan terbuat dari baja lunak. Ukuran pelat harus sedikit lebih besar dari ukuran bantalan. Ketebalan pelat ≥ 5 mm.
- g) Ukur panjang, lebar dan ketebalan total bantalan untuk menetapkan luas penampang melintang rata-rata (A) dan ketebalan rata-rata bantalan (T).
- h) Bantalan tipe laminasi harus diuji dengan atau tanpa memasang pelat.
- i) Permukaan kontak bantalan yang tidak direkatkan ke pelat baja harus dibersihkan untuk menghilangkan bahan-bahan yang tertinggal.

- j) Biarkan rekatan beberapa saat agar mencapai kekuatan yang cukup dan kondisikan benda uji pada temperatur uji $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ minimum 8 jam sebelum pengujian, jika temperatur lain tidak ditetapkan.
- k) Bantalan elastomer harus diapit di antara pelat-pelat baja hingga permukaannya saling bersentuhan.
- l) Dua deflektometer harus dipasang untuk mengamati pergerakan horizontal pelat tengah. Deflektometer harus memiliki ketelitian hingga sedikitnya 0,025 mm.
- m) Lakukan empat siklus pembebanan dan pelepasan beban secara berurutan sampai deformasi sama dengan 65% ketebalan bantalan rata-rata, dan pada laju beban sehingga satu siklus memerlukan waktu 4 menit sampai dengan 6 menit. Di dalam semua pelepasan beban, beban minimum harus 5 kN atau 2% dari beban maksimum, pilih yang paling kecil.
- n) Jika terlihat tanda-tanda bantalan elastomer tergelincir terhadap pelat kaku atau kegagalan rekatan selama pengujian, siapkan benda uji baru dan ulangi pengujian.
- o) Jika pelat tengah tidak kembali mendekati posisi awal setelah dua siklus terakhir pelepasan beban yang berturut-turut, gelincir dapat terjadi antara bantalan dan pelat kaku. Kondisi seperti ini harus diperbaiki untuk mendapatkan hasil yang benar.
- p) Modulus geser harus ditetapkan dari siklus keempat kurva beban tekan terhadap pergerakan rata-rata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.
- q) Ambil satu titik asal efektif pada gaya F_1 , perpanjangan X_1 dimana F_1 adalah nilai terkecil antara 5 kN atau 2% dari maksimum gaya siklus keempat. Tetapkan gaya F_2 pada perpanjangan X_2 yang didapat dari $X_1 + 0,5T$, dimana T adalah ketebalan bantalan rata-rata (ketebalan keseluruhan bantalan dikurangi tebal semua lapisan yang terdapat dalam bantalan).
- r) Modulus geser dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus geser} = \frac{2 (F_2 - F_1)}{A.n} \dots \dots \dots (5)$$

dengan pengertian:

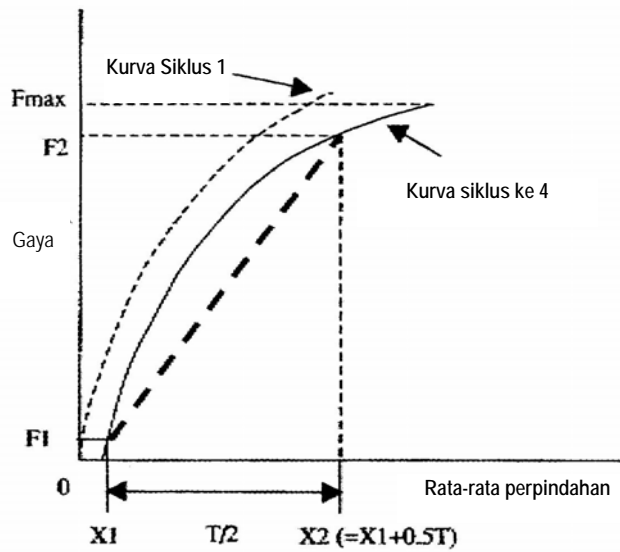
F_1 adalah beban inisial (5kN atau 2% beban mak. siklus keempat) dimana tercapai perpindahan 65% T;

F_2 adalah beban pada titik perpotongan X_2 dengan kurva siklus keempat;

A adalah luas potongan melintang bantalan;

n adalah kemiringan pelat.

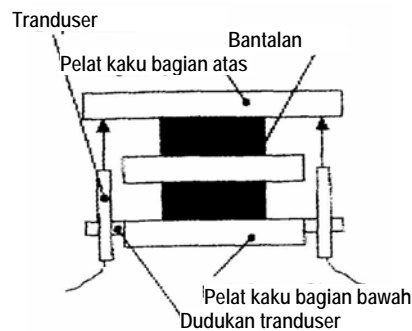
Untuk (5) : n bantalan yang dimiringkan. Faktor n mengubah gaya tekan ke gaya geser mendatar.



Gambar 2 Beban tekan vs perpindahan geser

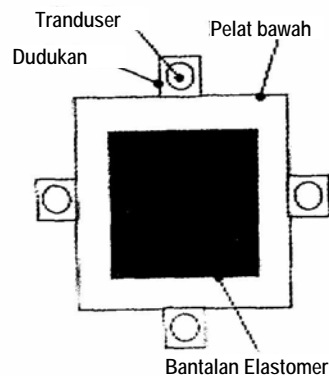
10.3 Metode pengujian kekakuan tekan

- Pengujian ini untuk menentukan kekakuan bantalan elastomer jembatan dalam rentang temperatur yang luas dengan pengukuran langsung beban tekan dan pergerakan. Metode pengujian berguna untuk menetapkan perubahan nisbi dari kekakuan di bawah rentang temperatur yang luas maupun menetapkan kekakuan tekan dalam rentang temperatur yang luas.
- Mesin penguji tekan yang digunakan harus mampu memberikan beban tekan hingga 500 kN terhadap sepasang benda uji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.
- Empat buah transduser pergerakan atau alat lainnya dengan ketelitian 0,005 mm harus digunakan untuk mencatat pergerakan. Beban harus diamati dengan sebuah sel pembebanan atau alat lainnya yang setara dengan ketelitian satu persen dari beban pengujian.
- Benda uji dalam Gambar 3 harus terdiri dari 2 blok bantalan elastomer yang sama yang diapit di antara pelat-pelat kaku. Blok bantalan elastomer harus memiliki ketebalan yang seragam, lebih baik dengan ketebalan yang sama dengan bantalan yang asli, memiliki penampang bujur sangkar atau empat persegi panjang, memiliki panjang dan lebar tidak kurang dari empat kali ketebalan.
- Pelat baja kaku harus memiliki penampang bujur sangkar atau empat persegi panjang, dengan lebar dan panjang lebih besar dari blok elastomer. Ukuran pelat yang cocok untuk bantalan elastomer tebal 40 mm memiliki ketebalan 25 mm dan ukuran datar sedikitnya 25 mm lebih besar dari ukuran masing-masing blok elastomer.



Gambar 3 Pemasangan benda uji

- f) Ukur panjang, lebar dan ketebalan blok elastomer dan tetapkan luas penampang melintang rata-rata, luas bidang datar (A), dan ketebalan elastomer rata-rata (T).
- g) Pasang 4 tranduser pergerakan antara pelat kaku bagian atas dan pelat kaku bagian bawah sedemikian sehingga pergerakan antara bantalan atas dan bantalan bawah dapat diukur pada 4 titik seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Titik pusat masing-masing sisi pelat kaku bawah adalah tempat yang tepat untuk tranduser.
- h) Simpan benda uji dalam kamar sesuai kondisi lingkungan (pembeku), dan atur pembeku sesuai dengan temperatur pengujian yang diinginkan. Kondisikan benda uji pada temperatur pengujian yang disyaratkan untuk selang waktu yang disyaratkan.
- i) Pasang benda uji pada mesin tekan. Lakukan tiga siklus pembebanan dan pelepasan secara berturut-turut hingga deformasi sama dengan 10% ketebalan total dua blok elastomer, $2T$, pada laju sedemikian sehingga waktu per siklus terjadi dalam rentang 30 detik sampai dengan 120 detik.
- j) Ukur beban dan pergerakan pada pertambahan $0,02T$ hanya untuk siklus ketiga.



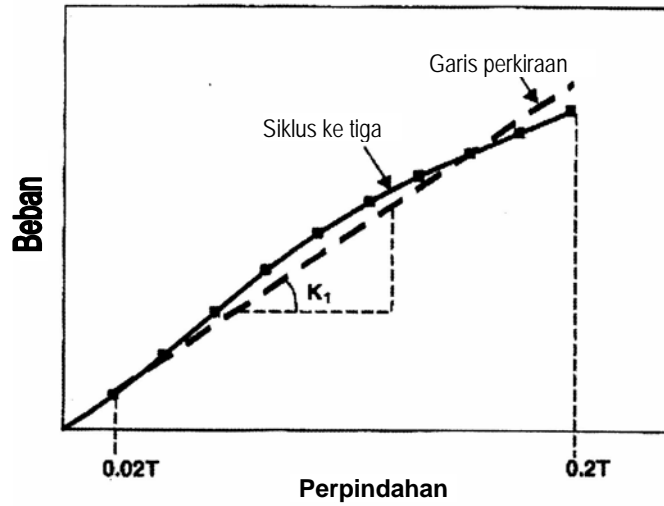
Gambar 4 Penempatan tranduser

- k) Modulus tekan E_s harus ditetapkan dari kurva beban-perpindahan pada siklus ketiga seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.
- l) Tarik garis lurus yang paling cocok dengan menggunakan metode *least-square* melalui titik-titik data antara perpindahan $0,02T$ dan $0,2T$. Garis harus melalui titik data $0,02T$. Tetapkan kemiringan K_1 , garis lurus yang paling cocok.
- m) Tetapkan E_s dari rumus (6):

$$E_s = K_1 \frac{2T}{A} \dots\dots\dots (6)$$

dengan pengertian:

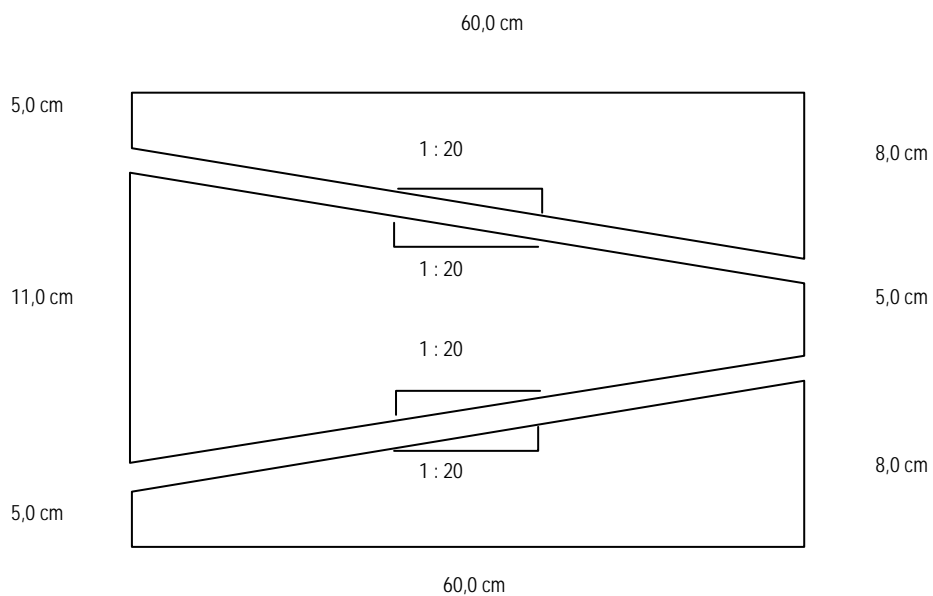
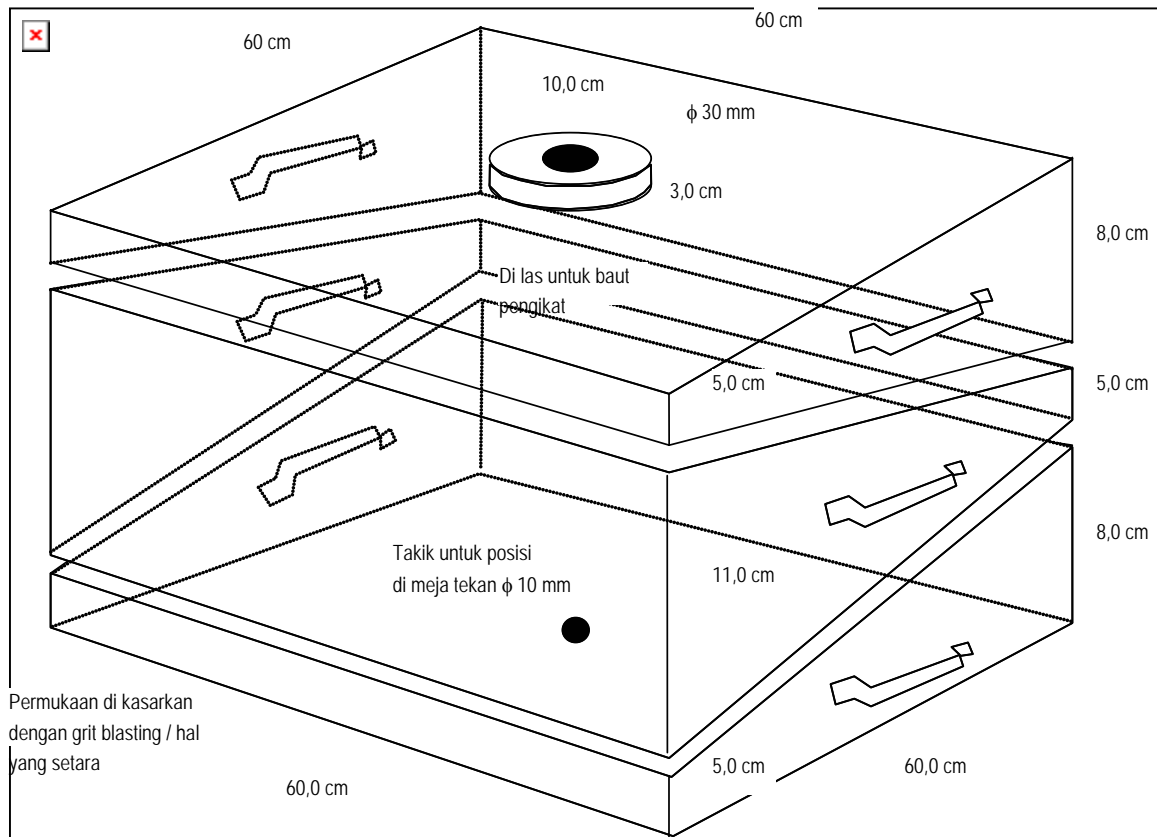
- E_s adalah modulus tekan;
- K_1 adalah kemiringan grafik;
- T adalah ketebalan elastomer rata-rata;
- A adalah luas bidang datar.



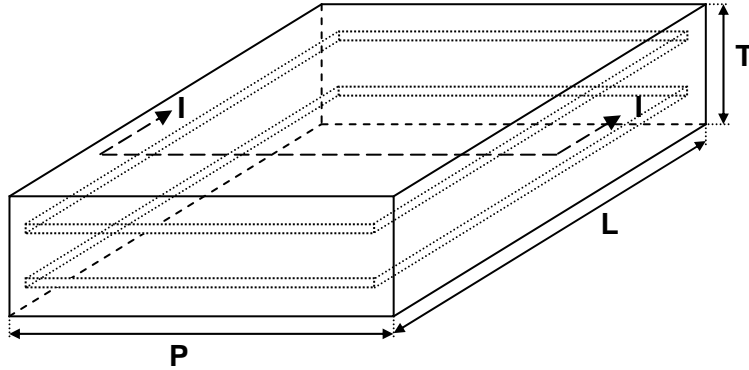
Gambar 5 Kurva beban-pergerakan

Lampiran A
(informatif)

Gambar alat uji dan bantalan elastomer



Gambar A.1 Pelat uji inklinasi untuk pengujian modulus geser

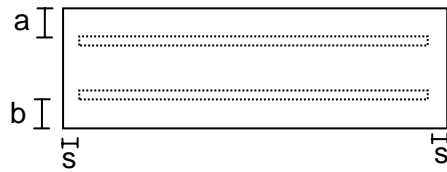


dengan pengertian:

P adalah panjang bantalan;

L adalah lebar bantalan;

T adalah tinggi bantalan.



Pot. I-I

dengan pengertian:

a adalah tebal cover atas;

b adalah tebal cover bawah;

s adalah tebal cover samping.

Gambar A.2 Bantalan elastomer

Lampiran B (normatif)

Formulir pengujian bantalan elastomer untuk perletakan jembatan

No. pengujian :	Ukuran : P : L : T :
Jenis contoh :	Jumlah pelat :
Jumlah contoh :	Tebal pelat :
Terima tanggal :	Tebal cover : a : b : s :
Diuji tanggal :	Tebal efektif :
Diuji oleh :	Lubang : Jumlah: Diameter :
Diperiksa oleh :	Beban rencana DL : LL :

Pengujian *over load* dan regangan tekan

Nomor Benda Uji	Kondisi Over Load 1,5 x beban rencana	Beban (kN)	Penurunan (mm)				Rata-rata penurunan (mm)	Regangan Tekan (%)
			1	2	3	4		
		5% (DL+LL)						
		DL + LL						

Catatan : DL = Dead Load (beban mati); LL : Live Load (beban hidup)

Pengujian modulus geser

Nomor Benda Uji	65% T (mm)	Pembebanan sampai deformasi uji		Deformasi (mm)				KET
		Persentase Beban	Beban (kN)	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	
		2% atau 5 kN						
		50%						
		75%						
		100%						

Pengujian kekakuan tekan

Nomor Benda Uji	10% x 2 T (mm)	Pembebanan sampai deformasi uji		Deformasi pada siklus ke 3 (mm)				Rata-rata penurunan (mm)	KET
		Deformasi	Beban (kN)	1	2	3	4		
		0.02 T							
		0.04 T							
		0.06 T							
		0.08 T							
		0.10 T							
		0.12 T							
		0.14 T							
		0.16 T							
		0.18 T							
		0.20 T							

Bibliografi

Rubber Manufacturers Association, Inc, RMA F3

Rubber Manufacturers Association, Inc, RMA T.063

Rubber Manufacturers Association, Inc, RMA F2

Steel Structures Painting Council, SSPC – VIS 1-89, *Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel*