



**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**  
**DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

**SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM**



**ISOLATOR GEMPA MENGGUNAKAN BANTALAN KARET INTI  
TIMBAL (*LEAD RUBBER BEARING, LRB*) UNTUK JEMBATAN  
SKh-1.7.47**



2021



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**  
**DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

Jl. Pattimura No.20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan 12110, Telp. (021) 7203165, Fax (021) 7393938

Nomor : BM.0302-Db/796  
Sifat : Biasa  
Lampiran : 3 (Tiga) Dokumen  
Hal : Persetujuan 3 (Tiga) Spesifikasi  
Khusus Interim Bahan dan  
Pekerjaan

Jakarta, 19 Juli 2021

Kepada Yth.:

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga;
2. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga;
3. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional;
4. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga.

di-

Tempat

1. Bersama ini disampaikan Spesifikasi Khusus Interim sebagai berikut :

No.	Nomor Seksi	Judul Spesifikasi Khusus Interim
1.	SKh-1.M.03	Spesifikasi Khusus Interim Cat Termoplastik Dengan Bahan Pengikat Rosin Ester untuk Marka Jalan
2.	SKh-1.M.04	Spesifikasi Khusus Interim Bahan Aspal Yang Mengandung Karet Alam Padat
3.	SKh-1.7.47	Spesifikasi Khusus Interim Isolator Gempa Menggunakan Bantalan Karet Inti Timbal ( <i>Lead Rubber Bearing, LRB</i> ) Untuk Jembatan

2. Spesifikasi Khusus Interim tersebut disetujui untuk dipergunakan di Direktorat Jenderal Bina Marga, dan dimaksudkan untuk menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan di lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga dalam pelaksanaan pekerjaan penyediaan cat termoplastik dengan bahan pengikat rosin ester untuk marka jalan, bahan aspal yang mengandung karet alam padat dan pekerjaan isolator gempa menggunakan bantalan karet inti timbal (*lead rubber bearing*) untuk jembatan.

Demikian disampaikan untuk dapat dipergunakan dengan penuh tanggung jawab.

**DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA**

**Hedy Rahadian**  
**NIP. 196403141990031002**

Tembusan :

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (sebagai laporan);
2. Sekretaris Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
3. Inspektur Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian PUPR.

**SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM**  
**SKh-1.7.47**

**ISOLATOR GEMPA MENGGUNAKAN BANTALAN KARET INTI TIMBAL (*LEAD RUBBER BEARING, LRB*) UNTUK JEMBATAN**

**SKh-1.7.47.1 UMUM**

1) Uraian

- a) Spesifikasi ini menjelaskan persyaratan yang harus dipenuhi untuk pekerjaan penyediaan dan pemasangan isolator gempa menggunakan *Lead Rubber Bearing* (LRB) untuk menopang gelagar atau pelat jembatan seperti pada gambar dan yang disyaratkan dalam Spesifikasi ini.
- b) LRB, disebut juga *base isolation device*, adalah bantalan jembatan yang berfungsi untuk meredam gaya gempa yang terjadi pada jembatan. LRB dirancang menggunakan lapisan elastomer (kompon karet alam) yang diperkuat dengan pelat baja yang direkatkan dengan proses vulkanisasi. LRB dapat memiliki satu atau lebih inti timbal silinder.
- c) LRB yang menggunakan material elastomer dengan redaman tinggi (*High Damping Rubber Bearing, HDRB*) memiliki faktor redaman  $> 6\%$ .
- d) LRB yang menggunakan material elastomer dengan redaman rendah (*Low Damping Rubber Bearing, LDRB*) memiliki faktor redaman  $\leq 6\%$ .
- e) Gaya aksial ( $N_{Ed}$ ) adalah gaya yang bekerja pada perangkat isolator saat aksi seismik rencana. Nilai maksimum dinotasikan dengan  $N_{Ed, max}$  dan nilai minimum dinotasikan dengan  $N_{Ed, min}$ . Nilai minimum yang bekerja kemungkinan berupa beban tarik.
- f) Perpindahan rencana  $d_{bd}$  adalah perpindahan total (karena translasi dan rotasi pada sumbu vertikal dari sistem isolasi) yang akan dialami perangkat ketika sistem struktur dikenai aksi seismik rencana.
- g) Perpindahan maksimum  $d_{Ed} = d_{max}$  adalah perpindahan horizontal akibat semua beban yang bekerja dimana  $d_{bd}$  diamplifikasi oleh faktor reliabilitas 1,5 dan untuk pengecekan terhadap Buckling Stability pada saat perpindahan maksimum diamplifikasi faktor 1,15.
- h) Gaya Rencana  $V_{bd}$  adalah gaya pada saat perangkat isolator berada pada kondisi perpindahan desain  $d_{bd}$ .
- i) Redaman efektif  $\xi_b$  adalah nilai dari redaman efektif, sesuai dengan disipasi energi oleh perangkat isolator selama respon siklik dari total perpindahan desain.
- j) Kekakuan efektif  $K_b$  adalah rasio antara nilai total gaya horizontal pada perangkat isolator dan total perpindahan dari arah yang sama.
- k) Kekakuan vertikal  $K_v$  adalah rasio antara nilai total gaya vertikal pada perangkat isolator dan total perpindahan dari arah yang sama.
- l) Kekakuan inisial  $Q_d$  adalah gaya yang didefinisikan saat grafik siklus gaya dan perpindahan memotong sumbu y atau sumbu gaya, lihat Lampiran Gambar SKh-1.7.47.1.1).
- m) Kekakuan  $K_2$  adalah nilai kekakuan yang diperoleh menggunakan Persamaan 1 dan Lampiran Gambar SKh-1.7.47.1.1).



$$K_2 = \frac{F(d^+) - F(d^+/2)}{d^+} - \frac{F(d^-) - F(d^-/2)}{d^-} \dots\dots\dots (1)$$

## 2) Pekerjaan Seksi Lain Yang Berkaitan Dengan Seksi Ini

Ketentuan pekerjaan seksi lain yang berkaitan dengan spesifikasi ini merujuk pada pekerjaan seksi lain sesuai Spesifikasi Umum 2018 (Rev. 2) yaitu:

- |    |                                  |   |            |
|----|----------------------------------|---|------------|
| a) | Manajemen Keselamatan Lalulintas | : | Seksi 1.4  |
| b) | Bahan dan Penyimpanan            | : | Seksi 1.11 |
| c) | Keselamatan dan Kesehatan Kerja  | : | Seksi 1.19 |
| d) | Manajemen Mutu                   | : | Seksi 1.21 |
| e) | Landasan ( <i>Bearing</i> )      | : | Seksi 7.12 |
| f) | Beton Dan Beton Kinerja Tinggi   | : | Seksi 7.1  |
| g) | Baja Tulangan                    | : | Seksi 7.3  |
| h) | Baja Struktural                  | : | Seksi 7.4  |

## 3) Jaminan Mutu

- a) Mutu bahan yang digunakan dan cara kerja serta hasil akhir harus dipantau dan dikendalikan seperti disyaratkan dalam Standar Rujukan dalam Pasal 5 di bawah ini.
- b) Produsen harus menjamin konsistensi mutu produk LRB yang memenuhi spesifikasi ini yang ditunjukkan dengan surat jaminan mutu (*Statement Letter*) dan Surat Garansi, dimulai dari proses pembuatan LRB sampai dengan terpasang.
- c) Produk LRB harus diberi label pada pelat tipis yang direkatkan sedemikian rupa ke pelat penutup LRB sehingga tidak mudah lepas, yang minimal berisi informasi:
  - Logo pabrik (produsen)
  - Kode pengenal antara lain ukuran, kinerja LRB (beban vertikal, perpindahan, kekakuan dan rotasi), nomor produk, dan tanggal produksi.
- d) Produsen wajib melakukan kontrol rutin terhadap mutu *raw material* baja dan baut dalam bentuk *mill certificate* dan mutu material karet berdasarkan hasil uji setiap permintaan pesanan (PO). Bukti kontrol *raw material* harus menunjukkan nilai-nilai yang konsisten dan dapat diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

## 4) Toleransi

### a) Penempatan LRB

LRB, baut pengunci dan dowel pelengkap harus diletakkan sedemikian hingga sumbunya berada dalam rentang  $\pm 3$  mm dari posisi yang seharusnya. Elevasi permukaan LRB tunggal atau permukaan rata-rata dari LRB yang lebih dari satu pada setiap penyangga harus berada dalam rentang toleransi  $\pm 0,0001$  kali jumlah bentang-bentang yang bersebelahan dari suatu gelagar menerus tetapi tidak melebihi  $\pm 5$  mm.

### b) Permukaan Beton

Permukaan beton untuk penempatan langsung dari LRB tidak boleh melampaui lebih dari 1/200 dari sebuah bidang datar rencana untuk LRB dan tinggi ketidakrataan setempat tersebut tidak boleh lebih melampaui 1 mm.

c) Landasan LRB

LRB harus dilandasi pada seluruh bidang dasarnya sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Setelah pemasangan, tidak boleh terdapat rongga atau bintik-bintik yang nyata pada landasan. Bahan landasan harus mampu meneruskan beban yang diberikan struktur tanpa kerusakan. Permukaan yang akan diberi mortar tidak susut atau *non shrink grout* untuk landasan harus disiapkan sebagaimana mestinya sampai suatu keadaan yang sesuai (*compatible*) dengan adukan semen yang dipilih. Permukaan atas dari setiap bidang landasan di luar LRB harus mempunyai kelandaian yang menurun dari LRB. lihat Lampiran Gambar SKh-1.7.47.1.2) .

d) Toleransi Manufaktur

Toleransi harus sesuai dengan yang diberikan dalam subpasal ini.

i. Ukuran rencana

Toleransi dimensi linier harus : -2 mm s.d +4 mm

ii. Ketebalan lapisan elastomer

Ketebalan rata-rata adalah rata-rata aritmatika dari ketebalan yang diukur pada lima titik pada permukaan utama seperti yang ditentukan untuk berbagai bantalan berbentuk.

- Persegi panjang: sudut dan tengah,
- Melingkar: sudut persegi dan tengah,
- Elips: ujung dan pusat sumbu mayor dan minor,
- Oktagonal: titik tengah sisi persegi panjang dan tengah berbatas.

- Lapisan internal

Toleransi ketebalan lapisan internal harus memenuhi Tabel SKh-1.7.47.1.1) berikut.

**Tabel SKh-1.7.47.1.1) Tolernansi Ketebalan Lapisan Internal**

<b>Tebal Lapisan Internal</b>	<b>Toleransi tebal rata-rata dan individu</b>	<b>Keterangan</b>
$5 \text{ mm} \leq t_i < 10 \text{ mm}$	$\pm 15\%$ atau $\pm 0,9 \text{ mm}$	Pilih yang lebih besar
$10 \text{ mm} \leq t_i < 15 \text{ mm}$	$\pm 12\%$ atau $\pm 1,5 \text{ mm}$	Pilih yang lebih besar
$15 \text{ mm} \leq t_i \leq 25 \text{ mm}$	$\pm 10\%$	-

Catatan: Sampel bantalan perlu dipotong untuk mengukur ketebalan lapisan internal

- Lapisan luar pada permukaan atas dan bawah untuk bantalan laminasi

Toleransi ketebalan lapisan luar pada permukaan atas dan bawah adalah: -0 s.d +2 mm dan ketebalan minimum dari lapisan luar adalah 2,5 mm.

- Toleransi ketebalan total,  $T_{bo}$  sistem bantalan

Toleransi ketebalan total,  $T_{bo}$  harus memenuhi Tabel SKh-1.7.47.1.2) berikut.

**Tabel SKh-1.7.47.1.2) Toleransi Ketebalan Rata-Rata**

Kriteria	Toleransi
Toleransi ketebalan rata-rata	
$T_{bo} \leq 100$ mm	$\pm 2$ mm
$100 \text{ mm} < T_{bo} \leq 150$ mm	$\pm 3$ mm
$150 \text{ mm} < T_{bo}$	$\pm 4$ mm
Variasi ketebalan yang diterima antara dua sudut yang berurutan	0,2% jarak antara kedua titik tersebut atau 1 mm mana yang lebih besar untuk dimensi denah bantalan lebih kecil dari 700 mm x 700 mm.
	0,3% jarak antara kedua titik tersebut atau 1 mm mana yang lebih besar untuk dimensi denah bantalan lebih besar dari 700 mm x 700 mm.
Toleransi kerataan berdasarkan ketebalan rata-rata	
$T_{bo} \leq 50$	$\pm 1,0$ mm
$50 \text{ mm} < T_{bo} \leq 100$ mm	$\pm 1,5$ mm
$100 \text{ mm} < T_{bo} \leq 150$ mm	$\pm 2,0$ mm
$150 < T_{bo}$	$\pm 2,5$ mm
Ketebalan penutup tepi untuk bantalan laminasi	Minimum 4 mm
Ketebalan rata-rata adalah rata-rata aritmatika dari ketebalan yang diukur di setiap sudut dan di tengah	
Kerataan suatu bantalan dinilai dengan menempatkan suatu sisi lurus sepanjang diagonal (atau diameter) permukaan bantalan beban dari bantalan tersebut. Celah antara penggaris dan permukaan bantalan tidak boleh melebihi 0,3% dari diagonal (atau diameter) atau nilai yang ditentukan selanjutnya, mana yang lebih besar.	
Dalam kasus permukaan cembung, titik kontak penggaris bisa disetel jika perlu untuk memastikan bahwa celah di setiap ujungnya sama.	

## iii. Pelat baja untuk bantalan laminasi

Toleransi pelat baja harus memenuhi Tabel SKh-1.7.47.1.3) berikut.

**Tabel SKh-1.7.47.1.3) Toleransi Pelat Baja**

Kriteria	Toleransi
Toleransi pada nilai nominal panjang dan lebar	- 1 mm s.d 2 mm
Toleransi nilai nominal ketebalan	
$t_s \leq 4$ mm	+ 0,8 mm / - 0,4 mm
$t_s > 4$ mm	+ 1,1 mm / - 0,4 mm

Kerataan pelat baja penguat dinilai dengan menempatkan penggaris di sepanjang diagonal (atau diameter) permukaan pelat. Jarak antara penggaris dan permukaan pelat tidak boleh melebihi 1% dari diagonal (atau diameter) atau 1,5 mm, pilih yang lebih besar.

Untuk LRB yang terletak di ceruk, toleransi dimensi denah harus -2 mm s.d +0



mm. Untuk LRB yang dihubungkan ke pelat sayap atau ke struktur dengan menggunakan baut, toleransi pada posisi lubang harus  $\pm 0,2\%$  kecuali nilai alternatif disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

#### 5) Standar Rujukan

Standar Nasional Indonesia

SNI 6764:2016	: Spesifikasi Baja Karbon Struktural (ASTM A36/A36M-12, IDT)
SNI 3967-2013	: Spesifikasi dan Metode Uji Bantalan Karet (elastomer) untuk Jembatan
SNI ASTM A325N:2012	: Spesifikasi Baut Baja Hasil Perlakuan Panas Dengan Kuat Tarik Minimum 830 MPa ( <i>Structural Bolt, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength (Metric)</i> )
SNI 8389:2017	: Cara Uji Tarik Material Logam
SNI 05-0571-1989	: Cara Uji Mekanis Mur dan Baud
SNI 1729:2015	: Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
Surat Edaran Menteri PUPR No. 14/SE/M/2015	: Pedoman Pemasangan Baut Jembatan
BS	
BS EN 15129	: <i>Anti Seismic Devices</i>
BS EN 1337-3	: <i>Elastomeric Bearings</i>
ISO	
ISO 10642	: <i>Socket flat head screws</i>
ISO 12944-5	: <i>Corrosion protection of steel structure by protective paint system</i>
ASTM	
ASTM A123/A123-17	: <i>Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products</i>
ASTM A529/A529M-19	: <i>Standard Specification for High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality</i>

#### 6) Pengajuan Kesiapan Kerja

- Penyedia Jasa harus menyerahkan rincian jenis LRB yang diusulkan untuk digunakan bersama dengan sertifikat pabrik yang menunjukkan bahwa bahan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi ini minimal 30 hari sebelum pemasangan. Bilamana bahan ini disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka Penyedia Jasa harus membuat gambar kerja yang menunjukkan cara penempatan dan pemasangan, dengan memperhitungkan ketentuan toleransi dan temperatur pemasangan. Rincian juga harus menunjukkan setiap perubahan detail pada bangunan bawah (*sub structure*) dan bangunan atas jembatan dimana LRB tersebut akan ditempatkan, untuk menentukan lokasi dan menyatel LRB.
- Penyedia Jasa harus menyerahkan gambar produksi (*Shop Drawing*) yang diusulkan pada Pengawas Pekerjaan untuk disetujui. Bahan yang dipasok akan dibandingkan dengan gambar produksi yang telah disetujui. Setiap perubahan mutu, bentuk atau

sifat-sifat fisik dari gambar produksi yang telah disetujui, tanpa sepengetahuan Pengawas Pekerjaan, akan mengakibatkan ditolaknya bahan tersebut oleh Pengawas Pekerjaan.

7) Penyimpanan dan Perlindungan LRB

Setelah pengiriman tiba di tempat maka LRB tersebut harus diperiksa untuk menjamin bahwa LRB tersebut sesuai dengan yang ditentukan dan tidak mengalami kerusakan selama pengiriman dan penanganan. Kerusakan pada LRB harus segera diberitahukan kepada Pengawas Pekerjaan secara tertulis.

LRB harus disimpan di gudang lapangan yang kedap di atas permukaan tanah dan harus selalu dilindungi dari kerusakan akibat cuaca maupun fisik serta harus bebas dari akumulasi debu, kotoran, minyak, gemuk, kelembaban dan benda-benda lainnya yang tidak dikehendaki.

Untuk menghindari terjadinya resiko elektrolisis, maka kontak antara bahan-bahan yang tidak sejenis harus dihindarkan. Dalam hal ini, baja lunak dan baja tahan karat adalah tidak sejenis. Kontak langsung antara tembaga, nikel dan logam paduannya (misalnya kuningan dan perunggu) dengan aluminium, dan aluminium dengan baja harus dihindarkan. Tembaga dapat dipengaruhi oleh kontak langsung dengan beton.

8) Perbaikan Atas Pekerjaan Yang Tidak Memenuhi Ketentuan

- a) LRB yang tidak memenuhi toleransi dimensi tidak boleh dipasang dalam pekerjaan, kecuali dapat ditunjukkan dengan pengujian dan perhitungan yang dapat diterima oleh Pengawas Pekerjaan, bahwa kinerja LRB tidak terganggu dengan dimensi di luar toleransi yang diijinkan dan tidak ada beban tambahan yang dilimpahkan pada bangunan atas atau bangunan bawah jembatan. Bilamana pengujian dan perhitungan ini tidak dapat dibuktikan, maka LRB yang tidak memenuhi toleransi dimensi harus disingkirkan dari tempat kerja dan diganti.
- b) LRB yang dipasang tidak memenuhi toleransi pemasangan yang memperhitungkan pengaruh temperatur, harus dibongkar dan bilamana tidak mengalami kerusakan dapat dipasang kembali atas persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.
- c) LRB yang rusak selama penanganan, pemasangan, termasuk pelepasan dan pemasangan kembali sesuai dengan (b) di atas, atau selama operasi lanjutan, harus disingkirkan dari tempat kerja dan diganti.
- d) Sebelum LRB dipasang, Penyedia Jasa harus dapat menunjukkan bukti tertulis kepada Pengawas Pekerjaan yang menyatakan bahwa seluruh LRB telah memenuhi persyaratan (mekanis maupun fisik) untuk digunakan. Perbaikan atau penggantian atas LRB yang telah terpasang dan tidak memenuhi persyaratan menjadi tanggung jawab Penyedia Jasa.

9) Pemeliharaan Pekerjaan Yang Telah Diterima

Tanpa mengurangi kewajiban Penyedia Jasa untuk melaksanakan perbaikan terhadap pekerjaan yang tidak memenuhi ketentuan atau gagal sebagaimana disyaratkan dalam Pasal SKh-1.7.47.1.8) di atas, Penyedia Jasa juga harus bertanggung jawab atas



pemeliharaan rutin dari semua LRB yang telah selesai dan diterima selama Periode Pelaksanaan.

## SKh-1.7.47.2 BAHAN

### 1) Umum

LRB tersusun atas karet laminasi, pelat baja vulkanisasi, dan inti timbal yang menghubungkan bangunan bawah dan bangunan atas sebagai perangkat isolasi gempa harus memenuhi ketentuan spesifikasi ini. Persyaratan bahan LRB harus memenuhi persyaratan sesuai Tabel SKh-1.7.47.2.1) dan komponen LRB dapat dilihat pada Lampiran Gambar SKh-1.7.47.2.1).

**Tabel SKh-1.7.47.2.1) Material LRB**

Uraian	Mutu Material	Standar
Karet internal dan karet selimut	Natural Rubber	EN 15129
Pelat baja laminasi	Min. <i>fu</i> 400 MPa	SNI 6764/setara
Pelat baja vulkanisasi eksternal	Min. <i>fu</i> 490 MPa	SNI 1729/setara
Pelat baja angkur	Min. <i>fu</i> 490 MPa	SNI 1729/setara
Inti plumbum/Timbal	Dengan kemurnian 99.9%	
Dowel baja	Min. <i>fu</i> 569 MPa	ASTM A529/setara
Baut kepala heksagonal	Min. <i>fu</i> 1000 MPa	Pedoman Pemasangan Baut No. 14/SE/M/2015
Baut <i>countersunk</i> kepala datar	Cl. 8.8/Equal	ISO 10642/setara
Mur dan ring ( <i>Washer</i> )	Min. <i>fu</i> 1000 MPa	Pedoman Pemasangan Baut No. 14/SE/M/2015
Proteksi karat pada baja metode pengecatan	ISO 12944-5	
Proteksi karat pada baja metode <i>Hot Dip Galvanize</i>	ASTM A123	
Pelat penutup harus diproteksi terhadap korosi dengan cara digalvanis dengan ketebalan minimum 150micron atau menggunakan cat dengan kategori C5 (ketebalan total minimum jika menggunakan Zinc (Zn) 320micron dan 360micron jika menggunakan material lain)		

### 2) Elastomer

Persyaratan yang diberikan dalam pasal ini berlaku untuk elastomer yang digunakan untuk membuat bagian laminasi dan lapisan penutup dari LRB. Elastomer yang digunakan adalah karet alam. Karet vulkanisasi yang direklamasi atau dilapisi ulang tidak boleh digunakan. Elastomer harus memiliki modulus geser pada regangan geser 100% dalam kisaran 0,3 MPa sampai 1,5 MPa. Elastomer divulkanisasi harus memenuhi persyaratan yang diberikan dalam pasal ini.

a) Elastomer redaman rendah

Elastomer redaman rendah yang digunakan dalam LRB untuk jembatan harus memenuhi persyaratan material dalam Tabel SKh-1.7.47.2.2). Standar Pengujian harus dilakukan pada uji *prototipe* dan uji kendali produksi pabrik mengacu pada Tabel SKh-1.7.47.2.2).

**Tabel SKh-1.7.47.2.2) Persyaratan Material Elastomer Redaman Rendah**

Properti	Persyaratan			Metode Uji
Modulus geser <sup>a</sup> (MPa)	$0,3 \leq G \leq 0,7$	$0,7 < G \leq 1,1$	$1,1 < G \leq 1,5$	ISO 37 Type 2
Kuat Tarik (MPa), min.				
Benda uji yang dicetak	16			
Benda uji dari produk <sup>b</sup>	14			
Perpanjangan putus (%), min.				ISO 37 Type 2
Benda uji yang dicetak	450	425	350	
Benda uji dari produk <sup>b</sup>	400	375	300	
Tahanan sobek <sup>c</sup> (kN/m), min.	5	8	10	ISO 34g Method A
Pengaturan Tekan <sup>d</sup> , 70 °C, 24 jam, maks.	30	30	30	ISO 815 Type A 25% tekanan
Tahanan Ozon <sup>e</sup> Perpanjangan 30 % - 96 jam 40 °C ± 2 °C	tidak retak	tidak retak	tidak retak	ISO 1431-1
Penuaan dengan bantuan oven <sup>f</sup> Perubahan maksimum dari kondisi awal				ISO 188 Method A
Kekerasan (IRHD)	-5, +8	-5, +8	-5, +8	ISO 48
Kuat tarik (%)	± 15	± 15	± 15	ISO 37 Type 2
Perpanjangan putus (%)	± 25	± 25	± 25	ISO 37 Type 2
CATATAN Karena uji ozon dan penuaan dilakukan untuk memeriksa bahwa antidegradan yang sesuai telah dimasukkan, bukan uji yang berkaitan dengan kinerja layan, keefektifannya mengharuskan kondisi tersebut harus sesuai dengan elastomer yang digunakan dalam pembuatan perangkat.				
a Diukur pada amplitudo regangan geser 100 % pada suhu 23 °C.				
b Benda uji dari isolator yang telah lengkap harus diambil dari lapisan dalam pertama dan dari lapisan pada bagian tengah isolator.				

- c Nilai tersebut untuk kompon berbahan dasar karet alam. Kompon berbahan dasar polikloroprena memiliki nilai 20% lebih tinggi. Elastomer lainnya harus memenuhi persyaratan untuk kompon berbahan dasar karet alam.
- d Nilai tersebut untuk kompon berbahan dasar karet alam. Kompon berbahan dasar polikloroprena memiliki nilai 50% lebih rendah. Untuk elastomer lainnya, harus menggunakan nilai yang disepakati antara Penyedia Jasa dengan Pengawas Pekerjaan.
- e Konsentrasi ozon harus sesuai dengan elastomer yang digunakan. Gunakan 25 pphm untuk vulkanis berbahan dasar karet alam dan 100 pphm untuk vulkanis berbahan dasar polikloroprena. Untuk elastomer lainnya, harus menggunakan nilai yang disepakati antara produsen dengan Pengawas Pekerjaan. Untuk elastomer tanpa ikatan karbon-karbon tak jenuh, uji ozon tidak perlu dilakukan.
- f Kondisi penuaan harus dipilih yang sesuai dengan elastomer yang digunakan. Untuk vulkanis berbahan dasar karet alam disyaratkan 7 hari pada 70°C dan untuk vulkanis berbahan dasar polikloroprena disyaratkan 3 hari pada suhu 100°C. Untuk elastomer lainnya, harus menggunakan nilai yang disepakati antara Penyedia Jasa dengan Pengawas Pekerjaan
- g Jika kaki-kaki benda uji memanjang tanpa adanya sobekan awal, metode harus dimodifikasi untuk mengurangi perpanjangan dan memastikan sobekan dengan menambah lebar kaki maupun memasang tulangan fleksibel yang relatif tidak dapat diperpanjang pada benda uji; tulangan harus membuat celah 5 mm dimana sobekan diperkirakan akan terjadi.

b) Elastomer redaman tinggi

Elastomer redaman tinggi harus memenuhi persyaratan yang diberikan dalam Tabel SKh-1.7.47.2.3). Pengujian harus dilakukan pada pengujian prototipe dan pengujian kendali produksi pabrik mengacu pada Tabel SKh-1.7.47.2.3).

**Tabel SKh-1.7.47.2.3).Persyaratan Material Elastomer Redaman Tinggi**

Properti	Persyaratan		Metode Uji
	Benda uji yang dicetak	Benda uji dari produk <sup>d</sup>	
Kuat Tarik (MPa), min.	12	10	ISO 37 Tipe 2
Perpanjangan putus (%), min.	400	350	ISO 37 Tipe 2
Kuat Sobek (kN / m), min.	7		ISO 34c Metode A
Pengaturan Tekanan 70 °C, 24 jam, maks.	60		ISO 815 Tipe A 25% tekanan
Ketahanan Ozon <sup>a</sup> Elongasi 30% - 96 jam 40 °C ± 2 °C	Tidak ada retakan		ISO 1431-1
Mempercepat penuaan udara <sup>b</sup> Perubahan maksimum dari kondisi awal			ISO 188, Metode A
Kekerasan (IRHD)	-5, +8		ISO 48
Kuat tarik (%)	±15		ISO 37 Tipe 2
Perpanjangan putus (%)	±25		ISO 37 Tipe 2
CATATAN Karena ozon dan tes penuaan adalah pemeriksaan antidegradan yang sesuai termasuk, bukan tes yang berkaitan dengan kinerja layanan, keefektifannya mengharuskan kondisi tersebut sesuai dengan elastomer yang digunakan dalam pembuatan perangkat.			



a.	Konsentrasi ozon harus sesuai dengan elastomer yang digunakan. Untuk karet alam yang divulkanis, disyaratkan 25 pphm (25/100.000.000) dan bahan polikloroprena yang divulkanis 100 (100/100.000.000). Untuk elastomer lain, nilai harus disepakati oleh pabrikan dan insinyur struktur. Untuk elastomer tanpa ikatan karbon-karbon tak jenuh, uji ozon tidak perlu dilakukan.
b.	Kondisi penuaan harus dipilih sesuai dengan elastomer yang digunakan. Untuk karet alam yang divulkanis, disyaratkan 7 hari pada temperatur 70 <sup>0</sup> C dan untuk polikloroprena yang divulkanis, disyaratkan 3 hari pada temperatur 100 <sup>0</sup> C. Untuk elastomer lain, nilai harus disepakati oleh Penyedia Jasa dan Pengawas Pekerjaan.
c.	Jika kaki-kaki benda uji memanjang tanpa ketahanan tusuk ( <i>cut growing</i> ) pertama, metode harus dimodifikasi untuk mengurangi perpanjangan dan memastikan ketahanan tusuk ( <i>cut growth</i> ) dengan menambah lebar kaki-kaki atau memasang tulangan fleksibel (namun relatif tidak dapat memanjang) kepada benda uji; tulangan harus menghasilkan celah 5 mm di mana sobekan diperkirakan akan tumbuh.
d.	Potongan benda uji dari isolator yang sudah jadi harus diambil dari lapisan dalam pertama dan dari lapisan di tengah isolator.

c) *Dynamic Shear Modulus* dan *damping*

Pengujian *Dynamic Shear Modulus* dan *damping* harus dilaksanakan sesuai dengan EN 15129 klausul 8.2.2.1.3 – 8.2.2.1.6.

d) *Shear Bond Test*

Pengujian *Shear Bond Test* harus dilaksanakan sesuai dengan standar EN 15129-8.2.4.2.5.3

### SKh-1.7.47.3 PENGUJIAN

1) Umum

- Pelaksanaan pengujian merupakan tanggung jawab penuh Penyedia Jasa dan harus disetujui Pengawas Pekerjaan sebelum pelaksanaan.
- Pengawas Pekerjaan berhak mengirimkan 2 (dua) personil yang kompeten yang mewakili Pengawas Pekerjaan untuk melakukan supervisi pada saat uji prototipe dan uji kendali produksi pabrik yang dibuat berdasarkan permintaan. Seluruh kegiatan pengujian harus berdasarkan persetujuan dan pengawasan Direksi Pekerjaan.
- Penyedia Jasa harus menyerahkan jadwal dan detail prosedur uji paling lambat 2 minggu sebelum pelaksanaan pengujian.
- Penyedia Jasa harus menyerahkan seluruh laporan pengujian kepada Pengawas Pekerjaan.

2) Pengujian Prototipe

Jumlah sampel minimum untuk uji prototipe adalah 2 buah sampel untuk masing-masing jenis LRB. Pengujian prototipe harus dilakukan dan dapat dinyatakan lulus uji jika memenuhi kriteria penerimaan sesuai Tabel SKh-1.7.47.2.4).

Pengujian LRB untuk menentukan pengaruh frekuensi, temperatur dan siklus berulang pada karakteristik horizontal harus menggunakan aturan berikut:

- a) LRB dengan dimensi  $\leq 500$  mm harus diuji dalam skala penuh;
- b) LRB dengan dimensi  $> 500$  mm, dimensi linier dapat dikurangi dengan faktor skala maksimum 2 dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Semua dimensi harus diskalakan secara konsisten dengan faktor yang sama. Dimensi rencana minimum yang diizinkan untuk bantalan setelah penskalaan adalah 500 mm.

**Tabel SKh-1.7.47.2.4). Pengujian Prototipe dan Pengujian Kendali Produksi Pabrik**

Parameter	Standar	Kriteria Penerimaan Uji Prototipe	Kriteria Penerimaan Uji Kendali Produksi Pabrik
Kapasitas Tekan	EN 15129 8.2.1.2.6	LRB tidak boleh menunjukkan bukti visual ketidaksempurnaan atau kegagalan produksi. Bukti visual yang dimaksud harus mencakup: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tanda-tanda kegagalan ikatan</li> <li>b. Pelat penguat yang tidak sejajar atau salah tempat secara vertikal</li> <li>c. Retakan atau ketidaksempurnaan permukaan dengan lebar lebih dari 2 mm atau kedalaman 2 mm</li> </ol>	
Kekakuan tekan	EN 15129 8.2.1.2.8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laporkan nilai <math>K_v</math></li> <li>2. Tidak diizinkan tampak cacat produksi, seperti: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tanda-tanda kegagalan ikatan</li> <li>b. Pelat penguat yang tidak sejajar atau salah tempat secara vertikal</li> <li>c. Retakan atau ketidaksempurnaan permukaan dengan lebar lebih dari 2 mm atau kedalaman 2 mm</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_v</math> yang diperoleh harus berada dalam <math>\pm 30\%</math> dari nilai yang ditentukan dalam uji prototipe</li> <li>2. LRB tidak boleh menunjukkan bukti visual ketidaksempurnaan atau kegagalan produksi. Bukti visual yang dimaksud harus mencakup: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tanda-tanda kegagalan ikatan</li> <li>b. Pelat penguat yang tidak sejajar atau salah tempat secara vertikal</li> <li>c. Retakan atau ketidaksempurnaan permukaan dengan lebar lebih dari 2 mm atau kedalaman 2 mm</li> </ol> </li> </ol>
Karakteristik horisontal saat deformasi siklik	EN 15129 8.2.1.2.2, 8.2.4.1.5.2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai <math>K_b</math> dan <math>\xi_b</math> (atau <math>K_2</math> dan <math>Q_d</math>) untuk siklus ketiga dilaporkan untuk semua regangan geser karet yang diuji</li> <li>2. Jika regangan geser karet rancangan tidak termasuk dalam regangan uji yang terdaftar, nilai <math>K_b</math> dan <math>\xi_b</math> (atau <math>K_2</math> dan <math>Q_d</math>) untuk siklus ketiga pada regangan geser karet rancangan harus</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai <math>K_b</math> dan <math>\xi_b</math> (atau <math>K_2</math> dan <math>Q_d</math>) untuk siklus ketiga keduanya harus berada dalam <math>\pm 20\%</math> dari nilai desain koreksi, jika perlu, untuk perbedaan antara uji dan regangan geser desain</li> </ol>

Parameter	Standar	Kriteria Penerimaan Uji Prototipe	Kriteria Penerimaan Uji Kendali Produksi Pabrik
		<p>ditentukan dari hasil uji dengan interpolasi linier.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Frekuensi pengujian dan frekuensi referensi, jika berlaku, dilaporkan</li> <li>Nilai <math>K_b</math> dan <math>\xi_b</math> (atau <math>K_2</math> dan <math>Q_d</math>) untuk siklus ketiga pada regangan geser karet rancangan keduanya harus berada dalam <math>\pm 20\%</math> dari nilai rancangan</li> <li>Nilai <math>K_b</math> pada regangan geser 5% (atau <math>Q_d</math>) harus cukup untuk memberikan pengekangan yang memadai, sebagaimana ditentukan oleh structural engineer, terhadap beban angin</li> </ol>	
Variasi karakteristik horisontal disebabkan frekuensi	EN 15129 8.2.1.2.3	<ol style="list-style-type: none"> <li>Nilai <math>K_b</math> dan <math>\xi_b</math> (atau <math>K_2</math> dan <math>Q_d</math>) untuk siklus ketiga harus dilaporkan untuk setiap frekuensi pengujian.</li> <li>Nilai pada frekuensi terendah dan tertinggi tidak boleh berbeda lebih dari 20% dari nilai pada frekuensi tengah.</li> </ol>	
Variasi karakteristik horisontal disebabkan suhu/temperatur	EN 15129 8.2.1.2.4	<ol style="list-style-type: none"> <li>Nilai redaman efektif dan kekakuan efektif pada suhu terendah tidak boleh berbeda <math>&gt;80\%</math> atau <math>-20\%</math> dari nilai <math>23^\circ\text{C}</math></li> <li>Nilai redaman efektif dan kekakuan efektif pada suhu tertinggi tidak boleh berbeda <math>&gt;20\%</math> dari nilai <math>23^\circ\text{C}</math></li> </ol>	
Karakteristik horisontal berdasarkan siklus berulang	EN 15129 8.2.1.2.5	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pengecekan rasio pada siklus ke-2 dan siklus ke-10 <math>K_b</math> (atau <math>K_2</math>), harus lebih besar dari 0,7</li> <li>Pengecekan rasio pada siklus ke-2 dan ke-10 siklus <math>\xi_b</math> (atau <math>Q_d</math>), harus lebih besar dari 0,7</li> <li>Pengecekan rasio pada siklus I dan siklus 10 <math>K_b</math> (atau <math>K_2</math>), harus lebih besar dari 0,6</li> </ol>	
Kapasitas lateral di bawah beban vertikal maksimum dan minimum	EN 15129 8.2.1.2.7	Beban harus dinaikkan secara monoton hingga perpindahan maksimum dan LRB tidak boleh menunjukkan tanda-tanda kegagalan yang signifikan pada akhir pengujian. Bukti visual dari kegagalan yang dirujuk harus	



Parameter	Standar	Kriteria Penerimaan Uji Prototipe	Kriteria Penerimaan Uji Kendali Produksi Pabrik
		mencakup: a. Tanda-tanda kegagalan ikatan b. Retakan permukaan yang tidak sempurna dengan lebar atau dalam lebih dari 2 mm c. Sambungan LRB ke pelat beban harus tidak menunjukkan tanda-tanda kegagalan peluluhan	
Perubahan karakteristik horizontal $K_b$ dan $\xi_b$ karena penuaan	EN 15129 8.2.2.1.3.5, 8.2.1.2.9	Modulus geser dan faktor redaman ekuivalen harus berubah kurang dari 20% karena penuaan	
Pengaruh frekuensi pada karakteristik horizontal $K_b$ dan $\xi_b$ (atau $K_2$ dan $Q_d$ ) harus ditentukan dengan pengujian yang dilakukan pada amplitudo regangan geser karet $\pm 100\%$ . Karakteristik horizontal harus diukur pada tiga frekuensi pada rentang 0.1 Hz sampai dengan 0.5 Hz, kecuali ditetapkan lain oleh Pengawas Pekerjaan.			
Perubahan karakteristik horizontal $K_b$ dan $\xi_b$ (atau $K_2$ dan $Q_d$ ) antara temperatur layanan atas dan bawah, TU dan TL masing-masing, harus ditentukan dengan pengujian pada kondisi dan menggunakan prosedur yang diberikan dalam bagian yang relevan dari 8.2.4.1. Karakteristik horizontal harus diukur pada amplitudo regangan geser karet $\pm 100\%$ pada rentang temperatur yang membentang dari setidaknya TU hingga setidaknya TL. Pengujian pada temperatur 23 ° C harus disertakan. Pengujian harus dilakukan dengan urutan penurunan suhu. Pengujian dilakukan pada temperatur 40°C, 23 °C dan 10 °C.			

### 3) Pengujian kendali produksi pabrik

- Pengujian kendali produksi pabrik harus dilakukan pada setiap produksi LRB pertama.
- Uji kendali produksi pabrik harus dipilih secara acak sebanyak minimum 30% jumlah produksi untuk masing-masing jenis LRB, kecuali ditentukan lain oleh Pengawas Pekerjaan. Jika dalam sampel uji tersebut terdapat LRB yang tidak lolos uji, maka pengujian kendali produksi pabrik harus dilakukan terhadap seluruh jumlah produksi (100%). LRB yang tidak lolos uji harus ditolak dan diganti dengan LRB baru yang memenuhi syarat.
- Jika LRB yang diproduksi berjumlah  $\leq 4$  unit, seluruh unit harus melewati pengujian kendali produksi pabrik kecuali ditentukan lain oleh Pengawas Pekerjaan. Pengujian kendali produksi pabrik harus dilakukan dan dapat dinyatakan lulus uji jika memenuhi kriteria penerimaan sesuai Tabel SKh-1.7.47.2.4).
- Pengujian *one-sided ramp-test* hanya boleh dilakukan atas persetujuan Pengawas Pekerjaan dan jika tidak terdapat peralatan uji yang memadai. Untuk mendapatkan nilai kekakuan garis potong yang diperlukan dibawah pembebanan ramp, nilai yang diukur pada uji tipe harus dikalikan dengan rasio antara nilai desain kekakuan siklik dan  $K_b$  (nilai  $K_b$  diambil dari nilai regangan geser rencana pada uji tipe).

- e) Untuk LRB jembatan redaman rendah yang mengalami aksi seismik kecil, hanya uji kontrol produksi pabrik di EN 1337-3 yang perlu dilakukan. Metode pengujian dan frekuensi pengambilan sampel harus sesuai dengan EN 1337-3.
- f) Pengujian *restoring capability* LRB dilakukan pada LRB yang telah lolos uji kapasitas lateral atas persetujuan Pengawas Pekerjaan.

#### SKh-1.7.47.4 PEMASANGAN

##### 1) Umum

LRB harus ditandai dengan jelas tentang jenis dan tempat pemasangan pada saat tiba di tempat kerja. Alat-alat penanganan yang cocok harus disediakan sebagaimana diperlukan.

Pemindahan beban bangunan atas jembatan pada LRB tidak akan diperkenankan sampai kekuatan landasan telah cukup untuk menahan beban yang diberikan. Perhatian khusus harus diberikan pada setiap penanganan yang diperlukan untuk lubang-lubang yang terekspos.

Bilamana diperlukan, pengaturan yang cocok harus dilaksanakan untuk mengakomodasi pergerakan termal dan deformasi elastis dari bangunan atas jembatan yang belum selesai. Bilamana penyangga sementara di bawah pelat dasar LRB dipasang, maka penyangga tersebut harus tahan tekanan menurut beban rancangan atau dilepas sewaktu bahan landasan telah mencapai kekuatan yang diperlukan. Setiap kerusakan yang terjadi sebagai akibat dari pelepasan penyangga sementara tersebut harus diperbaiki dengan menggunakan bahan yang sejenis dengan bahan landasan.

##### 2) Landasan LRB

Pemilihan bahan landasan harus berdasarkan cara pemasangan LRB, ukuran celah yang akan diisi, kekuatan yang diperlukan, waktu pengerasan (*setting time*) yang diperlukan, jenis LRB, ukuran perletakan, pembebanan pada LRB, urutan dan waktu pelaksanaan, pembebanan dini, ketentuan geser (*friction*), pengaturan dowel, ruangan untuk mencapai LRB, tebal bahan yang diperlukan, rancangan dan kondisi permukaan pada lokasi LRB, penyusutan bahan landasan.

Komposisi dan kelecakan (*workability*) bahan landasan harus dirancang berdasarkan pengujian dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas. Dalam beberapa hal, mungkin perlu melakukan percobaan untuk memastikan bahan yang paling cocok.

Celah yang terbentuk antara LRB dengan landasan harus diisi menggunakan semen grout atau epoxy resin (untuk celah < 5mm). Penggunaan bahan seperti timbal, yang cenderung meleleh di bawah tekanan beban, meninggalkan bintik-bintik besar, harus dihindarkan.

Celah tersebut harus terisi penuh sesuai luasan dari pelat baja angkur dan tidak diperbolehkan terdapat rongga.

Bilamana bangunan bawah jembatan atau bangunan atas terbuat dari baja maka diperlukan perantara plat untuk mengantisipasi kemiringan memanjang maupun melintang dari bangunan dan kemudian LRB dapat langsung dibaut padanya. Dalam hal ini, perlengkapan harus disediakan untuk menjamin bahwa garis dan elevasi berada dalam rentang toleransi yang diijinkan.

### 3) Penyetelan LRB

LRB dapat diletakkan langsung pada beton asalkan berada dalam toleransi yang disyaratkan untuk kedataran dan kerataan. Sebagai alternatif, LRB tersebut harus diletakkan pada suatu lapisan bahan landasan.

## **SKh-1.7.47.5 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN**

### 1) Cara Pengukuran

Kuantitas pemasangan LRB dihitung berdasarkan jumlah unit LRB terpasang di lokasi pengerjaan dan diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

### 2) Dasar Pembayaran

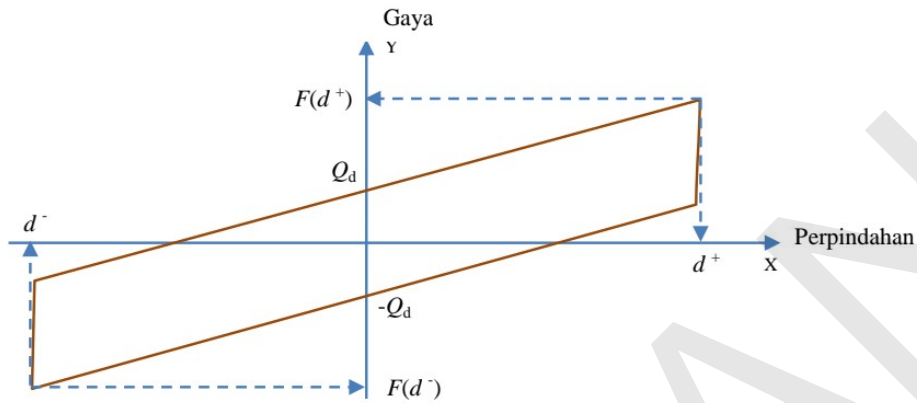
Kuantitas yang diukur sebagaimana disyaratkan di atas untuk jenis tertentu yang ditentukan harus dibayar dengan harga satuan Kontrak untuk Mata Pembayaran yang terdaftar di bawah dan ditunjukkan dalam Daftar Kuantitas dan Harga. Harga dan pembayaran tersebut harus merupakan kompensasi penuh untuk pengujian, penyediaan, pemasangan dan penempatan semua bahan dan termasuk pekerjaan tambahan lainnya yang diperlukan atau yang lazim untuk penyelesaian yang memenuhi ketentuan dari pekerjaan yang diuraikan dalam Seksi ini.

<b>Nomor Mata Pembayaran</b>	<b>Uraian</b>	<b>Satuan Pengukuran</b>
SKh-1.7.47.(1)	Landasan Karet Inti Timbal (LRB)	Buah

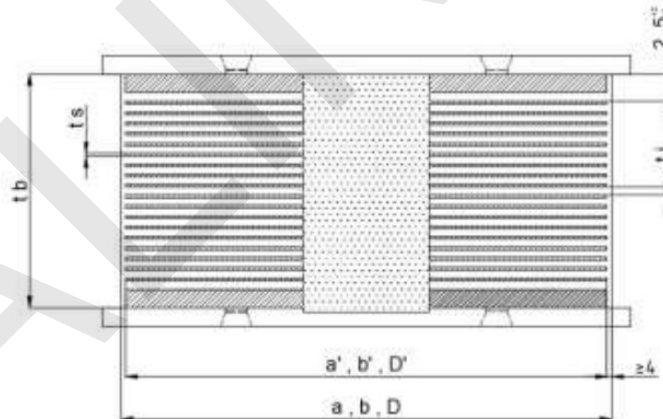


**LAMPIRAN**  
**SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM**  
**SKh-1.7.47**

**ISOLATOR GEMPA MENGGUNAKAN BANTALAN KARET INTI TIMBAL (LEAD RUBBER BEARING, LRB) UNTUK JEMBATAN**



**Gambar SKh-1.7.47.1.1) Grafik Siklus Gaya dan Perpindahan LRB**



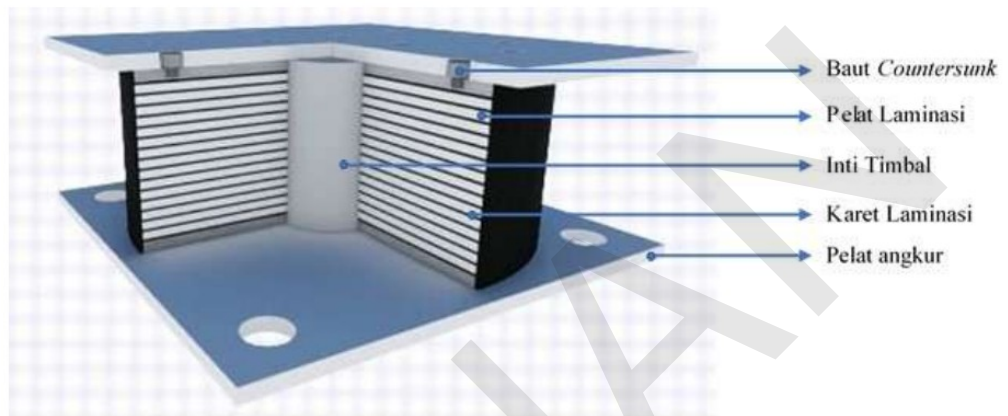
Keterangan:

- $t_b$  : Tebal keseluruhan bantalan laminasi
- $t_s$  : Tebal pelat laminasi
- $t_i$  : Tebal lapisan internal bantalan laminasi
- $a$  : Panjang bantalan laminasi
- $a'$  : Panjang efektif bantalan laminasi
- $b$  : Lebar bantalan laminasi
- $b'$  : Lebar efektif bantalan laminasi
- $D$  : Diameter bantalan laminasi
- $D'$  : Diameter efektif bantalan laminasi

**Gambar SKh-1.7.47.1.2) Potongan LRB**

**LAMPIRAN**  
**SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM**  
**SKh-1.7.47**

**ISOLATOR GEMPA MENGGUNAKAN BANTALAN KARET INTI TIMBAL (*LEAD RUBBER BEARING, LRB*) UNTUK JEMBATAN**



**Gambar SKh-1.7.47.2.1).** Potongan *Lead Rubber Bearing* (LRB)