

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 10/SE/M/2015  
TANGGAL 23 APRIL 2015**

**TENTANG**

**PEDOMAN PERANCANGAN BANTALAN ELASTOMER  
UNTUK PERLETAKAN JEMBATAN**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
REPUBLIK INDONESIA

**Kepada Yth.:**

**Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN  
NOMOR : 10/SE/M/2015**

**TENTANG**

**PEDOMAN PERANCANGAN BANTALAN ELASTOMER UNTUK  
PERLETAKAN JEMBATAN**

**A. Umum**

Perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban antara bangunan atas dan bangunan bawah. Oleh karena itu, perletakan harus dirancang untuk mengakomodasi perputaran dan dapat memberikan perpindahan tertentu. Perletakan yang digunakan harus kuat secara mekanis dan memiliki daya tahan (*durability*) yang sesuai sehingga dapat mendukung usaha mempertahankan umur jembatan. Diharapkan dengan pedoman ini pengguna dapat merancang perletakan elastomer untuk jembatan sesuai dengan umur rencana jembatan.

**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 Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara;
- 4) Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);

- 5) Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
- 6) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan.

### **C. Maksud dan Tujuan**

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam menetapkan tahapan perancangan perletakan jembatan dengan bantalan elastomer agar menghasilkan daya tahan jembatan yang sesuai.

### **D. Ruang Lingkup**

Pedoman ini menetapkan ketentuan-ketentuan tentang perancangan bantalan elastomer untuk jembatan yang meliputi tahapan desain perletakan jembatan. Pedoman ini mencakup ketentuan berbagai macam perletakan jembatan dan karakteristiknya serta perhitungan kebutuhan dimensi untuk bantalan elastomer.

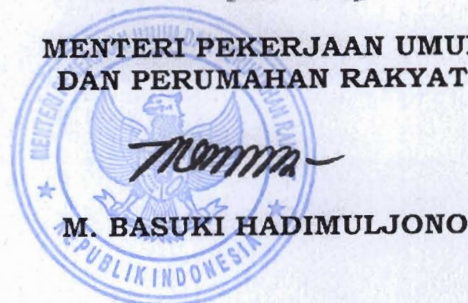
### **E. Penutup**

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan 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 23 April 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



**M. BASUKI HADIMULJONO**

Tembusan disampaikan kepada Yth.:  
Plt. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

LAMPIRAN  
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN  
UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 10/SE/M/2015  
TENTANG  
PEDOMAN PERANCANGAN BANTALAN  
ELASTOMER UNTUK PERLETAKAN  
JEMBATAN

# **PEDOMAN**

**Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil**

---

**Perancangan bantalan elastomer  
untuk perletakan jembatan**



**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 Persyaratan perancangan .....   | 1   |
| 4.1 Beban dan pergerakan .....  | 1   |
| 4.2 Umur rencana .....  | 2   |
| 4.3 Penempatan .....  | 2   |
| 4.4 Karakteristik bantalan elastomer ( <i>elastomer bearings pad</i> ) .....  | 2   |
| 4.5 Pengujian untuk pemenuhan terhadap spesifikasi perletakan elastomer .....   | 2   |
| 5 Perancangan bantalan elastomer .....  | 3   |
| 6 Pengujian untuk pemenuhan terhadap spesifikasi perletakan elastomer .....   | 6   |
| Lampiran A (normatif) Bagan alir proses perancangan perletakan elastomer .....  | 7   |
| Lampiran B (informatif) Contoh perhitungan perancangan bantalan elastomer berlapis berdasarkan daya layan (METODE – A, AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 4 <sup>th</sup> EDITION 2007 ) ..... | 8   |
| Lampiran C (informatif) Gambar rancangan bantalan karet .....   | 11  |
| Lampiran D (informatif) Jenis-jenis tipikal perletakan .....  | 12  |
| Lampiran E (informatif) Contoh perhitungan dalam <i>spreadsheet</i> .....   | 18  |
| Lampiran F (informatif) Hubungan antara tegangan dan regangan tekan pada elastomer berlapis pelat baja .....  | 20  |
| Bibliografi .....   | 21  |
| <br>  |     |
| Gambar 1 - Bantalan elastomer .....   | 2   |
| Gambar 2 - Pemasangan baut untuk menahan gaya lateral .....   | 3   |
| Gambar 3 - Representasi perletakan bantalan elastomer .....   | 4   |
| <br>  |     |
| Gambar D.1 - Perletakan Rol .....   | 12  |
| Gambar D.2 - Perletakan ayunan .....  | 13  |
| Gambar D.3 - Perletakan knuckle pin .....   | 13  |
| Gambar D.4 - Perletakan daun .....  | 14  |
| Gambar D.5 - Perletakan bertautan .....   | 14  |
| Gambar D.6 - Perletakan geser .....   | 15  |
| Gambar D.7 - Perletakan pot .....   | 15  |
| Gambar D.8 - Perletakan piringan .....  | 15  |
| Gambar D.9 - Perletakan elastomer .....   | 16  |
| Gambar D.10 - Sendi beton .....   | 16  |
| <br>  |     |
| Gambar F.1 - Hubungan antara tegangan dan regangan tekan pada elastomer berlapis pelat baja .....   | 20  |
| <br>  |     |
| Tabel 1 Karakteristik tipikal perletakan elastomer .....  | 2   |
| <br>  |     |
| Tabel D.1 Jenis perletakan dan tipikal karakteristiknya .....   | 17  |

## **Prakata**

Pedoman perancangan bantalan elastomer untuk perletakan jembatan, mengacu pada beberapa ketentuan dalam AASTHO LRFD *Bridge Design Specification*, 4<sup>th</sup> Edition 2007, khususnya pada bagian Elastomeric Pads and Steel-Reinforced Elastomeric Bearing – Method A.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01/S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum Konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 16 Juli 2013 di Bandung oleh Subpanitia Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

## Pendahuluan

Perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban antara bangunan atas dan bangunan bawah. Oleh karena itu, perletakan harus dirancang untuk mengakomodasi perputaran dan dapat memberikan perpindahan tertentu. Perletakan yang digunakan harus kuat secara mekanis dan memiliki daya tahan (*durability*) yang sesuai sehingga dapat mendukung usaha mempertahankan umur jembatan.

Dalam pedoman ini diperkenalkan beberapa tipe perletakan yang umum digunakan untuk jembatan, diantaranya perletakan sendi, rol, baja, pot dan ayunan. Setiap jenis perletakan memiliki kelebihan dan keterbatasan dalam penggunaannya. Dalam pedoman ini detail perancangan hanya diberikan untuk tipe perletakan elastomer, dikarenakan tipe perletakan yang paling banyak digunakan untuk jembatan konvensional yang jumlahnya banyak di Indonesia.

Pedoman ini juga dimaksudkan untuk memberikan penjelasan umum berbagai jenis perletakan jembatan dan khususnya perancangan bantalan elastomer. Diharapkan dengan pedoman ini pengguna dapat merancang perletakan elastomer untuk jembatan sesuai dengan umur rencana jembatan.

# Perancangan bantalan elastomer untuk perletakan jembatan

## 1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan-ketentuan tentang perancangan bantalan elastomer untuk jembatan yang meliputi tahapan desain perletakan jembatan. Pedoman ini mencakup ketentuan berbagai macam perletakan jembatan dan karakteristiknya serta perhitungan kebutuhan dimensi untuk bantalan elastomer.

## 2 Acuan normatif

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

SNI 3967:2008, *Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan*

## 3 Istilah dan definisi

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

### 3.1 elastomer

material yang memiliki sifat karet asli, karet vulkanisasi, atau karet sintetis yang meregang apabila diberi tegangan dan berdeformasi secara cepat dan dapat kembali ke dimensi semula

### 3.2 perletakan

struktur yang berfungsi menyalurkan beban serta memberikan tahanan terhadap gaya dan atau gerakan

## 4 Persyaratan perancangan

### 4.1 Beban dan pergerakan

Perletakan harus mampu memikul dan menyalurkan beban dari bagian struktur atas ke bagian struktur bawah tanpa terjadi kerusakan. Kemampuan perletakan untuk memikul beban dan pergerakan dari perletakan harus sesuai dengan asumsi yang dibuat dalam perancangan jembatan secara keseluruhan dan persyaratan khusus di dalamnya.

Pengaruh gerakan dari pusat tekanan harus dipertimbangkan sepenuhnya dalam perancangan semua perletakan dan dalam perhitungan daya dukung pada struktur atas serta struktur bawah.



## 4.2 Umur rencana

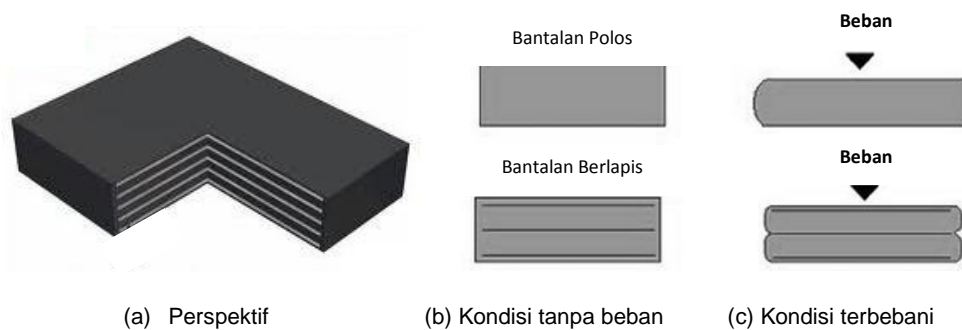
Perletakan harus dirancang sesuai umur rencana jembatan. Apabila tidak dirancang sesuai umur rencana jembatan, maka jembatan harus dilengkapi dengan fasilitas untuk penggantian dan pemeliharaan elemen perletakan.

## 4.3 Penempatan

Perletakan harus ditempatkan agar bekerja sesuai dengan perancangan.

## 4.4 Karakteristik bantalan elastomer (*elastomer bearings pad*)

- Terdiri dari dua atau lebih lapisan elastomer dan pelat baja yang bekerja secara komposit, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.
- Tipikal beban maksimum pada arah vertikal sebesar 5000 kN
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya memanjang jembatan
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya melintang jembatan
- Tipikal perpindahan maksimum sebesar 50 mm
- Memungkinkan perputaran
- Baik untuk menahan beban gempa sebagai peredam (*buffer*)



Gambar 1 - Bantalan elastomer

Tabel 1 Karakteristik tipikal perletakan elastomer

| Tipe Perletakan | Beban Maksimum (kN) <sup>1</sup> |           |           | Pergerakan Maksimum <sup>1</sup> |           | Perputaran Maksimum (rad) <sup>1</sup> |           |       | Kinerja Seismik | Keperluan Pemeliharaan | Aplikasi Tipikal <sup>2</sup> |          |      |       |  |
|-----------------|----------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|-----------|--|-----------|-------|-----------------|------------------------|-------------------------------|----------|------|-------|--|
|                 | Vertikal                         | Memanjang | Melintang | Memanjang                        | Melintang | Memanjang                              | Melintang | Plan  |                 |                        | Lurus                         | Lengkung | Baja | Beton |  |
| Elastomer       |                                  |           |           |                                  |           |  |           |       |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Polos           | 1500                             | 3         | 3         | 12                               | 12        | 5                                      | 5         | Kecil | Baik            | Tidak ada              | Ya                            | Ya       | -    | Ya    |  |
| Berlapis        | 5000                             | 3         | 3         | 50                               | 50        | 5                                      | 5         | Kecil | Baik            | Tidak ada              | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |

<sup>1</sup>Nilai maksimum yang diberi tanda berliku untuk perletakan yang tersedia berdasarkan desain standard dari pembuat. Akan tidak mungkin bagi suatu perletakan untuk mencapai kapasitas maksimum pada semua model secara simultan.

<sup>2</sup>Tidak tepat untuk yang bertanda “ - “

<sup>3</sup>Pengaturan khusus diperlukan untuk mencegah pergerakan melintang dan untuk menerima beban horizontal

<sup>5</sup>Perputaran maksimum tergantung pada beban vertikal dan dimensi perletakan

## 4.5 Pengujian untuk pemenuhan terhadap spesifikasi perletakan elastomer

Bantalan elastomer yang telah selesai diproduksi harus diuji untuk mengetahui pemenuhan kriteria terhadap spesifikasi sesuai yang diatur dalam SNI 3967:2008, meliputi pengujian fisik (bahan) dan pengujian mekanik (pembebanan).

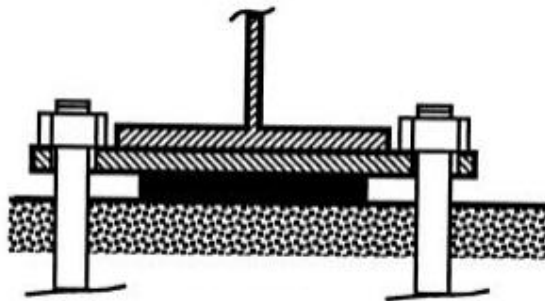
## 5 Perancangan bantalan elastomer

Perancangan bantalan elastomer tipe berlapis dengan perkuatan pelat baja membutuhkan keseimbangan kekakuan untuk menopang beban tekan yang besar dan untuk mengakomodasi translasi dan rotasi. Untuk bantalan karet yang dirancang menggunakan ketentuan dalam pedoman ini, keseimbangan tersebut dijaga dengan menggunakan elastomer yang relatif lentur dengan nilai modulus geser (G), di antara 0.6 MPa dan 1.3 MPa dan faktor bentuk yang sesuai, dan kekerasan nominal karet harus berada diantara 50 dan 60 dalam skala Shore "A".

Tebal bantalan tergantung pada besarnya pergerakan yang disyaratkan. Regangan geser akibat translasi harus dibatasi kurang dari 0.5 mm/mm untuk mencegah guling dan kelelahan yang berlebihan. Ketebalan total elastomer, harus dirancang dua kali lebih besar dari translasi rencana. Untuk memastikan kestabilannya, ketebalan total bantalan karet tidak boleh melebihi L/3 dan/atau W/3.

Lapisan elastomer yang dimiringkan tidak diperbolehkan. Semua lapisan internal di dalam bantalan karet harus memiliki ketebalan yang sama, dan lapisan karet penutup tidak boleh lebih dari 70% ketebalan lapisan internal layer.

Perencana harus memutuskan beban apa saja yang harus diterima oleh bantalan elastomer, salah satunya adalah beban lateral. Jika beban lateral pada bantalan elastomer terlalu besar, terutama dibandingkan dengan beban vertikal, sebuah sistem terpisah dapat digunakan untuk menahan beban lateral, yaitu dengan memasang baut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Penggunaan baut tersebut harus dirancang dengan baik.



**Gambar 2 - Pemasangan baut untuk menahan gaya lateral**

Beban yang harus dihitung diterima oleh bantalan adalah beban hidup ditambah beban mati rencana. Di dalam perhitungan beban – beban ini harus di konversi menjadi tegangan rata-rata berdasarkan luas area bantalan yang menerima beban seperti rumus berikut ini.

$$\sigma_s = \frac{P_{DL} + P_{LL}}{A} \quad (1)$$

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A} \quad (2)$$

keterangan :

- $\sigma_s$  adalah tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)
- $\sigma_L$  adalah tegangan rata-rata akibat beban hidup (MPa)
- $P_{DL}$  adalah beban mati rencana (N)
- $P_{LL}$  adalah beban hidup rencana (N)
- $A$  adalah luas keseluruhan (*bonded surface area*) (mm<sup>2</sup>)

Kekakuan dari bantalan karet ketika dalam kondisi terbebani pada permukaannya terkekang terhadap gelincir, yang tergantung pada faktor bentuk (S) yang merupakan rasio dari daerah yang tertekan (*area under compression*) terhadap area yang bebas untuk menjadi gembung (*area free to bulge*). Faktor bentuk untuk lapisan-lapisan elastomer tanpa lubang harus dihitung sebagai berikut.

$$S = \frac{A}{I_p \cdot h_{ri}} \quad (3)$$

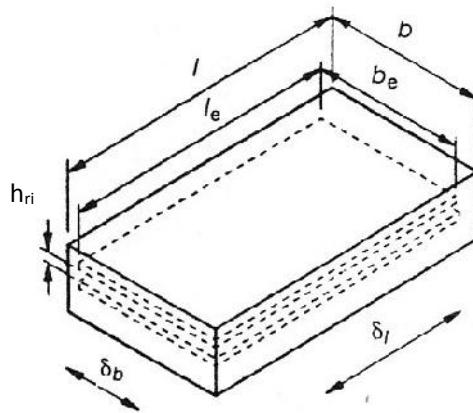
$$I_p = 2(L + W) \quad (4)$$

$$A = L \cdot W \quad (5)$$

keterangan :

- S adalah faktor bentuk
- A adalah luas keseluruhan (*bonded surface area*) (mm<sup>2</sup>)
- I<sub>p</sub> adalah keliling elastomer, termasuk lubang (*bonded surface perimeter*) (mm)
- h<sub>ri</sub> adalah ketebalan efektif karet pada lapisan antara (*internal layer*) (mm)
- l adalah panjang efektif keseluruhan elastomer (mm)
- b adalah lebar efektif keseluruhan elastomer (mm)

seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3 - Representasi perletakan bantalan elastomer**

Faktor bentuk (S) harus berada dalam batas berikut ini :

- Untuk bantalan polos  $1 < S \leq 4$  (6)

- Untuk bantalan tipe berlapis  $4 < S \leq 12$  (7)

Terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya juga menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini dapat dikendalikan dengan membatasi tegangan tekan maksimum akibat kombinasi beban pada elastomer sebesar 7.0 MPa untuk bantalan yang mengalami deformasi geser. Terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya dicegah dengan mengabungkan batasan tekan yang dipenuhi berdasarkan persamaan 8 dan 9.

$$\sigma_s = 7.0 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$\sigma_s = 1.0 \text{ GS} \quad (9)$$

Keterangan :

- G adalah modulus geser elastomer (MPa)
- S adalah faktor bentuk
- $\sigma_s$  adalah tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)

Untuk bantalan karet tipe berlapis yang dikekang terhadap deformasi geser, besarnya tegangan dapat dinaikkan sebesar 10%.

Rotasi dapat terjadi pada bantalan karet dan harus dianggap sebagai jumlah maksimum dari pengaruh berkurangnya kesejajaran dan subsekuen perputaran ujung gelagar akibat beban-beban *imposed* dan pergerakan yang terjadi. Pemisahan (*separation*) antara ujung bantalan dengan struktur yang menumpu harus dicegah pada saat terjadinya rotasi, karena pemisahan dapat menyebabkan tegangan tarik pada elastomer dan berpotensi menyebabkan sobek (*delaminasi*). Pemisahan dicegah dengan mengabungkan batasan tekan dan rotasi yang dipenuhi berdasarkan persamaan 10 dan persamaan 11. Toleransi rotasi untuk pelaksanaan yang diizinkan menurut AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> Edition tahun 2007 sebesar 0.005 radian.

$$\sigma_s \geq 0.5 G.S \left( \frac{L}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \quad (10)$$

$$\sigma_s \geq 0.5 G.S \left( \frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \quad (11)$$

keterangan :

- n adalah jumlah lapisan internal karet
- G adalah modulus geser elastomer (MPa)
- $\theta_{s,x}$  adalah maksimum perputaran pada setiap sumbu (rad)
- S adalah faktor bentuk
- $h_{ri}$  adalah ketebalan lapisan internal (mm)
- W adalah lebar dari bantalan elastomer (tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan) (mm).
- L adalah panjang dari bantalan elastomer (sejajar dengan sumbu memanjang jembatan) (mm).

Tegangan tarik akan terjadi pada pelat baja karena menahan pergerakan karet. Tegangan tarik ini dapat menentukan tebal pelat yang dibutuhkan, sehingga tebal pelat harus ditentukan berdasarkan :

$$h_s = \frac{3h_{rmax} s}{f_y} \quad (12)$$

Untuk perhitungan ketahanan fatik berdasarkan AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> Ed 2007 pasal 6.6.1.2.5, kebutuhan pelat ditentukan berdasarkan

$$h_s = \frac{2h_{rmax} L}{\Delta F_{TH}} \quad (13)$$

Keterangan :

- $h_{rmax}$  adalah ketebalan maksimum lapisan elastomer pada bantalan elastomer (mm)
- $h_s$  adalah ketebalan lapisan plat pada elastomer berlapis plat (mm)
- $f_y$  adalah batas ulur dari pelat baja yang digunakan (MPa)
- $F_{TH}$  adalah batas fatik (*constant amplitude fatigue threshold*) yang digunakan (MPa)
- $\sigma_s$  adalah tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)
- $\sigma_L$  adalah tegangan rata-rata akibat beban hidup (MPa)

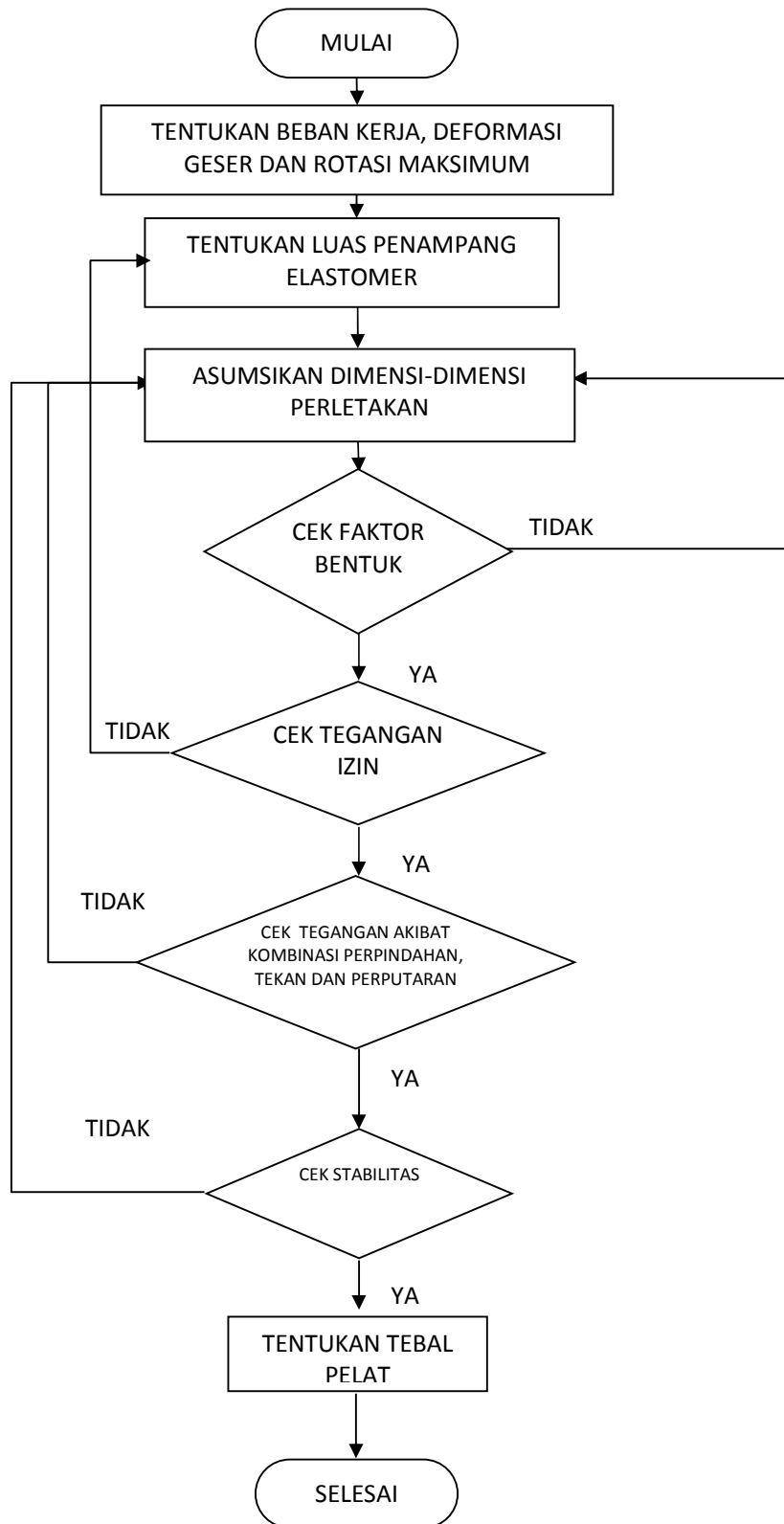
Batasan fatik dapat mengacu pada tabel 6.6.1.2.5-3 AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> Edisi 2007. Apabila beban geser terfaktor ditahan oleh bantalan yang terdeformasi pada batas kekuatan yang melebihi 1/5 beban vertikal minimum akibat beban permanen, bantalan tersebut harus diamankan (*secured*) terhadap pergerakan horizontal.

Sifat fisik elastomer yang digunakan sebagai bahan perletakan dapat diuji untuk mengetahui kesesuaiannya berdasarkan ketentuan yang diatur dalam SNI 3967:2008.

## **6 Pengujian untuk pemenuhan terhadap spesifikasi perletakan elastomer**

Bantalan elastomer yang telah selesai diproduksi harus diuji untuk mengetahui pemenuhan kriteria terhadap spesifikasi sesuai yang diatur dalam SNI 3967: 2008, meliputi pengujian fisik (bahan) dan pengujian mekanik (pembebanan).

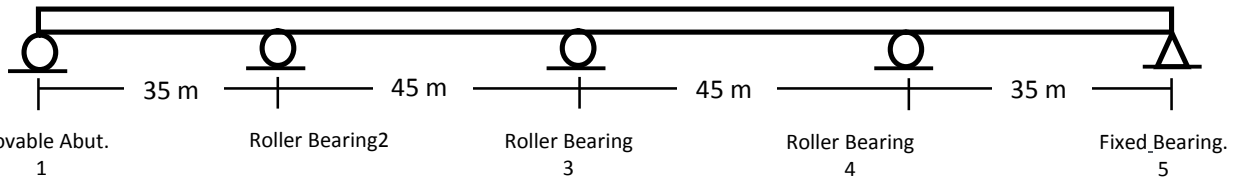
**Lampiran A  
(normatif)  
Bagan alir proses perancangan perletakan elastomer**



**Lampiran\_B  
(informatif)**

**Contoh perhitungan perancangan bantalan elastomer berlapis berdasarkan daya layan (METODE – A, AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 4<sup>th</sup> EDITION 2007 )**

|  |                     |
|--|---------------------|
| Diketahui ;                            |                     |
| Beban Mati (DL)                        | ; 2400 kN           |
| Beban Hidup (LL)                       | ; 1200 kN           |
| Perpindahan Memanjang jembatan         | ; 100 mm            |
| Rotasi                                 | ; 0,015 rad         |
| Lebar Girder                           | ; 750 mm            |
| Data Fisik Elastomer ;                 |                     |
| Hardness                               | ; 55 Shore A        |
| Modulus Geser (G)                      | ; 0.70 s.d 0.91 MPa |
| Total Beban Kompresi (P <sub>T</sub> ) | ; 3600 kN           |
| Batas Tegangan Delaminasi              | ; 7 MPa             |



Perhitungan ;

- Luas Area Elastomer yang diperlukan

$$A_{perlu} > \frac{3600(1000)}{7} = 514285.71 \text{ mm}^2$$

- Asumsikan Dimensi – dimensi dalam perletakan elastomer berdasarkan perhitungan Luas diatas ;

|   |   |
|---|---|
| Lebar (W)                                   | ; 725 mm (d disesuaikan dengan lebar yang tersedia) |
| Panjang (L)                                 | ; 740 mm  |
| Tebal                                       | ; 200 mm  |
| Tebal Lapisan (h <sub>ri</sub> )            | ; 16 mm   |
| Tebal lapisan penutup (h <sub>cover</sub> ) | ; 4 mm  |
| Jumlah Lapisan (n)                          | ; 12 buah   |
| F <sub>y</sub> Pelat                        | ; 240 MPa   |

- Hitung Shape Faktor / Faktor Bentuk

$$S = \frac{A}{I_p \cdot h_{ri}}$$

$$I_p = 2(L+W)$$

$$S = \frac{725 \times 740}{2 \times 15 \times (725+740)} = 11.44$$

$$4 < 11.44 \leq 12 \text{ memenuhi}$$

4. Cek Tegangan Izin ;

$$\sigma_s = \frac{P_{DL} + P_{LL}}{A} = \frac{2.400.000 + 1200.000}{536500.0} = 6.71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A} = \frac{1200.000}{536500.0} = 2.24 \text{ MPa}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang.

$$\sigma_s \quad 7.0 \text{ MPa} \Rightarrow \quad 6.71 \text{ MPa} \leq 7.0 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

$$\sigma_s \quad 1.0 \text{ GS} \Rightarrow \quad 6.71 \text{ MPa} \leq 6.9 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang.

$$\sigma_s \quad 7.7 \text{ MPa} \Rightarrow \quad 6.71 \text{ MPa} \leq 7.7 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

$$\sigma_s \quad 1.1 \text{ GS} \Rightarrow \quad 6.71 \text{ MPa} \leq 7.55 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

5. Cek Deformasi Geser;

Total Deformasi geser Rencana  $\Delta_s = 100 \text{ mm}$

Deformasi ijin =  $2 \Delta_s = 200 \text{ mm}$

Ketebalan total elastomer =  $h_{rt} = (\text{jumlah tebal lapisan internal} + \text{jumlah tebal cover})$

$$h_{rt} = (16 \text{ mm} \times 12) + (2 \times 4 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$h_{rt} \geq 2 \Delta_s \Rightarrow \quad 200 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

6. Cek Rotasi ;

$$\sigma_s \quad 0.5 \text{ G.S} \left( \frac{L}{h_{rt}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \quad \sigma_s \quad 0.5 \times 0.6 \times 11.44 \left( \frac{740}{16} \right)^2 \frac{0.005 + 0.005}{12}$$

$$6.71 \text{ MPa} \leq 6.12 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

$$\sigma_s \geq 0.5 \text{ G.S} \left( \frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \quad \sigma_s \quad 0.5 \times 0.6 \times 11.44 \left( \frac{725}{16} \right)^2 \frac{0.005 + 0.005}{12}$$

$$6.71 \text{ MPa} \quad 5.87 \text{ MPa} \quad \text{memenuhi}$$

7. Cek Stabilitas ;

$$H \quad \frac{L}{3} = \frac{740}{3} = 246.67 \text{ mm} \geq 239 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

$$H \quad \frac{W}{3} = \frac{725}{3} = 241.67 \text{ mm} \geq 239 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$

$$h_{cover} < 0.7 h_{ri} = 0.7 \times 16 \text{ mm} = 11.2 \text{ mm} \geq 4 \text{ mm} \quad \text{memenuhi}$$



8. Menentukan Tebal Pelat ;

Kondisi Layan

$$h_s = \frac{3h_{rmax} s)}{f_y}$$

$$h_s = \frac{3 \times 16 \times 6.71}{240}$$

$$h_s = 1.342 \text{ mm}$$

Kondisi Fatik

$$h_s = \frac{2h_{rmax} L)}{F_{TH}}$$

$$h_s = \frac{2 \times 16 \times 2.24}{240}$$

$$h_s = 2.309 \text{ mm}$$

Tebal pelat baja yang digunakan adalah 3 mm.

9. Resume ;

Sifat fisik :

Mutu pelat baja ( $f_y$ ) = 240 MPa

Mutu Elastomer (G) = 0.6 MPa

Geometri :

Dimensi Bantalan L x W x H = 740 mm x 725 mm x 239 mm

Tebal Cover Atas = 4 mm

Tebal Cover Bawah = 4 mm

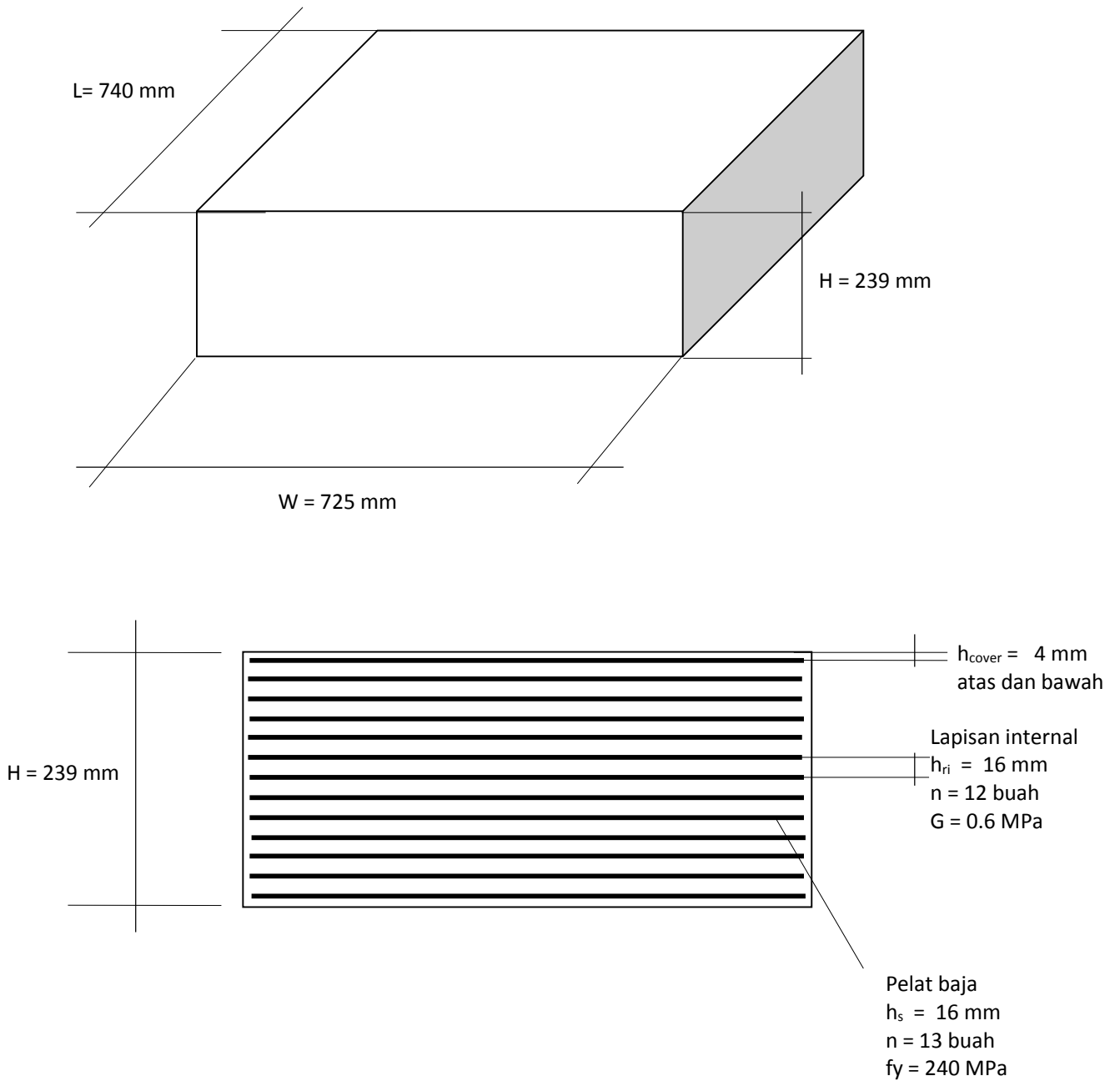
Tebal Lapisan Internal = 16 mm

Jumlah Lapisan = 12 buah

Tebal pelat baja = 3 mm

Jumlah Lapisan pelat = 13 buah

Lampiran C  
(informatif)  
Gambar rancangan bantalan karet



## Lampiran D (informatif) Jenis-jenis tipikal perletakan

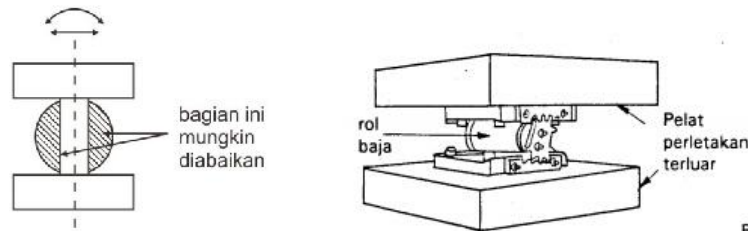
Perletakan jembatan memiliki beberapa fungsi yaitu memikul dan menyalurkan beban dari struktur atas ke struktur bawah tanpa terjadi kerusakan, serta memungkinkan pergerakan baik perpindahan dan atau perputaran, mengekang pergerakan pada salah satu atau dua arah..

Untuk mencapai persyaratan tingkat gerakan dan perputaran tertentu, perlu dibuat kombinasi dari beberapa jenis perletakan. Tiap elemen dari keseluruhan mengizinkan gerakan tertentu dan karakteristik tumpuan beban tertentu (misalnya perletakan geser sederhana mengizinkan perpindahan dengan tekanan pada perletakan pot agar juga menyediakan perputaran).

Jumlah perletakan pada suatu jembatan haruslah seminimal mungkin. Perletakan adalah komponen penting, dan memerlukan pemeliharaan secara berkala. Bagaimanapun biaya ekonomis total jembatan sepanjang umurnya merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan perletakan pada suatu jembatan.

### D.1 Perletakan rol (*roller bearings*)

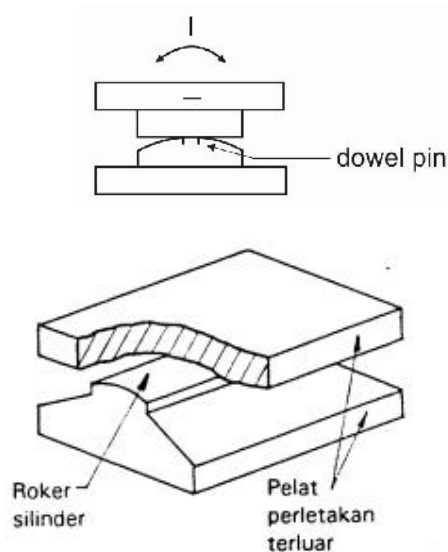
- Perletakan rol pada intinya terdiri dari satu atau lebih silinder diantara baja paralel atas dan bawah, seperti ditunjukkan pada Gambar D.1.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 16000 kN
- Tidak mampu menahan beban arah memanjang jembatan
- Beban maksimum pada arah melintang jembatan sebesar 400 kN
- Memungkinkan perpindahan pada arah memanjang jembatan yang tidak terbatas
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan  $\pm 0.05$  rad
- Lemah terhadap gempa
- Mebutuhkan perawatan secara berkala



Gambar D.1 - Perletakan Rol

### D.2 Perletakan ayunan (*rocker bearings*)

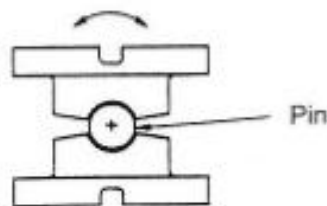
- Perletakan ayunan pada intinya terdiri dari baja melengkung yang bertemu dengan baja yang datar, seperti ditunjukkan pada Gambar D.2.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 20000 kN
- Beban maksimum pada arah memanjang jembatan sebesar 1000 kN
- Beban maksimum pada arah melintang jembatan sebesar 1000 kN
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan  $\pm 0,05$  rad
- Lemah terhadap gempa
- Mebutuhkan perawatan secara berkala



**Gambar D.2 - Perletakan ayunan**

### **D.3 Perletakan knuckle pin (*knuckle pin bearings*)**

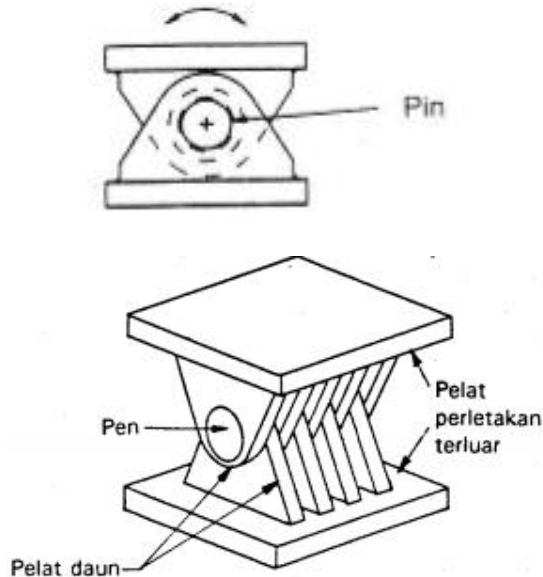
- Perletakan *knuckle pin* terdiri dari sendi baja yang dikurung di antara support atas dan bawah, seperti ditunjukkan pada Gambar D.3.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 25 kN/mm
- Beban maksimum pada arah memanjang jembatan sebesar 2,5 kN/mm
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban melintang jembatan
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan  $\pm 0,05$  rad
- Lemah terhadap gempa
- Membutuhkan perawatan secara berkala



**Gambar D.3 - Perletakan knuckle pin**

### **D.4 Perletakan daun / *leaf bearings***

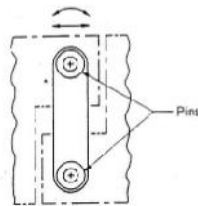
- Perletakan daun terdiri dari sendi yang melewati plat baja yang menumpu di atas dan bawah, seperti ditunjukkan pada Gambar D.4.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 12 kN/mm
- Beban maksimum pada arah memanjang jembatan sebesar 12 kN/mm
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban pada arah melintang jembatan
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan  $\pm 0,09$  rad
- Cukup tahan terhadap gempa
- Membutuhkan perawatan secara berkala



**Gambar D.4 - Perletakan daun**

#### **D.5 Perletakan bertautan (*link bearings*)**

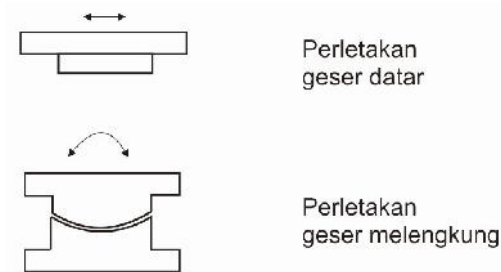
- Perletakan bertautan terdiri dari plat, batang, I, atau tubular.
- Bagian yang tersambung di ujungnya dengan sendi, seperti ditunjukkan pada Gambar D.5.
- Mengizinkan perputaran dan gerakan pada sumbu vertikal.
- Gerakannya terbatas yaitu tidak melebihi  $\pm 2,9^\circ$
- Beban horizontal lebih besar 5% dari beban vertikalnya.
- Membutuhkan perawatan secara berkala



**Gambar D.5 - Perletakan bertautan**

#### **D.6 Perletakan geser (*sliding bearings*)**

- Terdiri dari dua permukaan yang memiliki material yang sama atau berbeda di sisi gesernya, seperti ditunjukkan pada Gambar D.6.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 3000 kN
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban memanjang jembatan
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban melintang jembatan
- Memungkinkan perpindahan ke segala arah
- Tidak memungkinkan perputaran
- Baik untuk menahan gempa
- Membutuhkan perawatan minimum



**Gambar D.6 - Perletakan geser**

#### **D.7 Perletakan pot (*pot bearings*)**

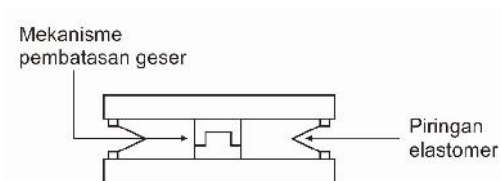
- Terdiri dari piston baja yang didukung oleh lempeng elastomer yang tipis, seperti ditunjukkan pada Gambar D.7.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 50000 kN
- Beban maksimum pada arah Memanjang jembatan sebesar 2500 kN
- Beban maksimum pada arah melintang jembatan sebesar 2500 kN
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan  $\pm 0,01$  rad
- Baik untuk menahan gempa
- Mebutuhkan perawatan minimum



**Gambar D.7 - Perletakan pot**

#### **D.8 Perletakan piringan (*disc bearings*)**

- Berbahan *polyether urethane disc* yang menyediakan perputaran antara dua plat baja, seperti ditunjukkan pada Gambar D.8.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 45000 kN
- Beban maksimum pada arah memanjang jembatan sebesar 4500 kN
- Beban maksimum pada arah melintang jembatan sebesar 4500 kN
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan dan melintang jembatan sebesar  $\pm 0,04$  rad
- Baik untuk menahan gempa
- Mebutuhkan perawatan minimum



**Gambar D.8 - Perletakan piringan**

#### D.9 Perletakan elastomer (*elastomer bearings*)

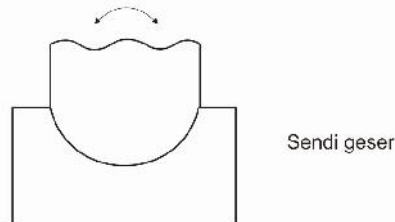
- Terdiri dari satu atau lebih lapis elastomer yang ditempel pada plat baja, seperti ditunjukkan pada Gambar D.9.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 5000 kN
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban memanjang jembatan
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban melintang jembatan
- Memungkinkan perputaran
- Baik untuk menahan gempa
- Tanpa perawatan



Gambar D.9 - Perletakan elastomer

#### D.10 Perletakan sendi beton (*concrete hinges*)

- Terbuat dari beton, seperti ditunjukkan pada Gambar D.10.
- Beban maksimum pada arah vertikal sebesar 6 kN/mm
- Beban maksimum pada arah memanjang jembatan sebesar 3 kN/mm
- Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan beban melintang jembatan
- Tidak memungkinkan perpindahan
- Memungkinkan perputaran pada arah memanjang jembatan sebesar  $\pm 0,09$  rad
- Lemah menahan gempa
- Membutuhkan perawatan berkala



Gambar D.10 - Sendi beton

Pemilihan jenis perletakan didasarkan pada kebutuhan akan daya dukung dan pergerakan. Pemilihan jenis perletakan dapat mengacu pada Tabel D.1.

**Tabel D.1 Jenis perletakan dan tipikal karakteristiknya**

| Tipe Perletakan           | Beban Maksimum (kN) <sup>1</sup> |              |              | Pergerakan Maksimum <sup>1</sup> |              | Perputaran Maksimum (rad) <sup>1</sup> |              |              | Kinerja Seismik | Keperluan Pemeliharaan | Aplikasi Tipikal <sup>2</sup> |          |      |       |  |
|---------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------|--|--------------|--------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|----------|------|-------|--|
|                           | Vertikal                         | Memanjang    | Melintang    | Memanjang                        | Melintang    | Memanjang                              | Melintang    | Plan         |                 |                        | Lurus                         | Lengkung | Baja | Beton |  |
| Rd                        | 16000                            | -            | 400          | Tak terbatas                     | -            | ± 0.05                                 | -            | -            | Buruk           | Sedang                 | Ya                            | -        | Ya   | -     |  |
| <i>Rocker</i>             |                                  |              |              |                                  |              |  |              |              |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Linier                    | 15000                            | 1500         | 1500         | -                                | -            | ± 0.05                                 | -            | -            | Buruk           | Sedang                 | Ya                            | -        | Ya   | -     |  |
| Titik                     | 20000                            | 1000         | 1000         | -                                | -            | ± 0.01                                 | ± 0.01       | Tak terbatas | Buruk           | Sedang                 | Ya                            | -        | Ya   | -     |  |
| <i>Sendi</i>              |                                  |              |              |                                  |              |  |              |              |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Pin                       | 25/mm                            | 2.5/mm       | <sup>3</sup> | -                                | -            | ± 0.05                                 | -            | -            | Buruk           | Sedang                 | Ya                            | -        | Ya   | -     |  |
| Daun                      | 12/mm                            | 12/mm        |              | -                                | -            | ± 0.09                                 | -            | -            | Cukup           | Sedang                 | Ya                            | -        | Ya   | -     |  |
| <i>Engsel<sup>4</sup></i> |                                  |              |              |                                  |              |  |              |              |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Sadel                     | 6/mm                             | 3/mm         | <sup>3</sup> | -                                | -            | ± 0.09                                 | -            | -            | Buruk           | Sedang                 | Ya                            | -        | -    | Ya    |  |
| <i>Freyssinet</i>         | 10/mm                            | 2.5/mm       | 2.5/mm       | -                                | -            | <sup>5</sup>                           | -            | -            | Cukup           | Tidak ada              | Ya                            | -        | -    | Ya    |  |
| <i>Sliding</i>            |                                  |              |              |                                  |              |  |              |              |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Plane                     | 3000                             | <sup>3</sup> | <sup>3</sup> | Tak terbatas                     | Tak terbatas | -                                      | -            | Tak terbatas | Baik            | Minimal                | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |
| Silinder                  | 15000                            | 1500         | <sup>3</sup> | -                                | Tak terbatas | ± 0.03                                 | -            | -            | Baik            | Minimal                | Ya                            | -        | Ya   | Ya    |  |
| <i>Spherical</i>          | 30000                            | 3000         | 3000         | -                                | -            | ± 0.05                                 | ± 0.05       | Tak terbatas | Baik            | Minimal                | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |
| <i>Pot</i>                | 50000                            | 2500         | 2500         | -                                | -            | ± 0.01                                 | ± 0.01       | -            | Baik            | Minimal                | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |
| Piringan                  | 45000                            | 4500         | 4500         | -                                | -            | ± 0.04                                 | ± 0.04       | -            | Baik            | Minimal                | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |
| <i>Elastomer</i>          |                                  |              |              |                                  |              |  |              |              |                 |                        |                               |          |      |       |  |
| Pdlos                     | 1500                             | <sup>3</sup> | <sup>3</sup> | 12                               | 12           | <sup>5</sup>                           | <sup>5</sup> | Kecil        | Baik            | Tidak ada              | Ya                            | Ya       | -    | Ya    |  |
| Berlapis                  | 5000                             | <sup>3</sup> | <sup>3</sup> | 50                               | 50           | <sup>5</sup>                           | <sup>5</sup> | Kecil        | Baik            | Tidak ada              | Ya                            | Ya       | Ya   | Ya    |  |
| <i>Fabric</i>             | 1000                             | <sup>3</sup> | <sup>3</sup> | -                                | -            | ± 0.01                                 | ± 0.01       | -            | Baik            | Minimal                | Ya                            | -        | -    | Ya    |  |

<sup>1</sup>Nilai maksimum yang diberi tanda berlaku untuk perletakan yang tersedia berdasarkan desain standard dari pembuat. Akan tidak mungkin bagi suatu perletakan untuk mencapai kapasitas maksimum pada semua model secara simultan.

<sup>2</sup>Tidak tepat untuk yang bertanda " - "

<sup>3</sup>Pengaturan khusus diperlukan untuk mencegah pergerakan melintang dan untuk menerima beban horizontal

<sup>4</sup>Sendi Mesnager tidak termasuk sebagai bentuk yang digantikan oleh Sendi Freyssinet

<sup>5</sup>Perutaran maksimum tergantung pada beban vertikal dan dimensi perletakan



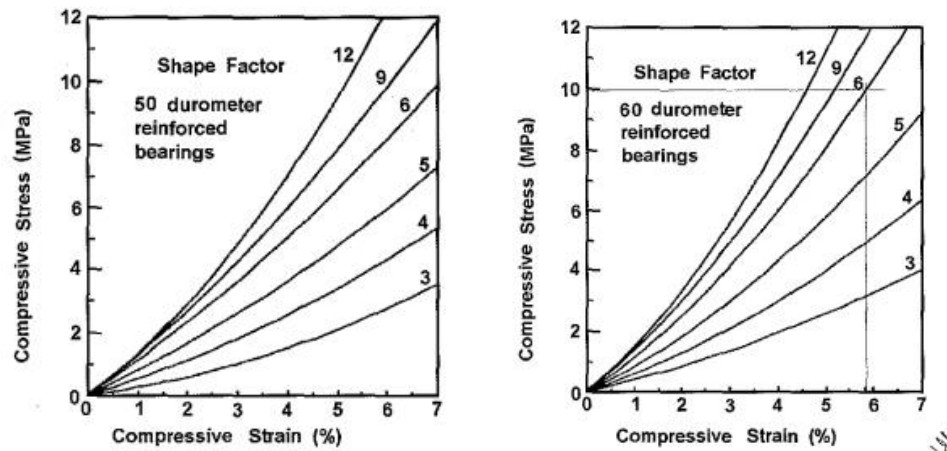
# Lampiran E (informatif) Contoh perhitungan dalam spreadsheet

| <b>PERANCANGAN BANTALAN ELASTOMER UNTUK PERLETAKAN JEMBATAN</b><br><small>BERDASARKAN AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION, 4th E.D., 2007</small><br><b>M E T O D E - A</b><br><small>NSBA ELASTOMERIC BEARING DESIGN - PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN</small>   |                             |                   |  |
|---|-----------------------------|-------------------|--|
| <b>DISCLAIMER</b>   |                             |                   |  |
| <p>Aplikasi perancangan Bantalan Karet ini dikembangkan dengan mengacu pada AASHTO LRFD Bridge Design Specification. Aplikasi ini dapat digunakan untuk perhitungan bantalan karet tipe berlapis dengan lapisan pelat baja, dengan bentuk persegi (rectangular steel-reinforced bearing). Aplikasi ini mengasumsikan lapisan-lapisan dalam bantalan memiliki ketebalan yang sama, demikian juga dengan lapisan yang berada di luar. Pengembang aplikasi tidak bertanggung jawab terhadap penggunaan aplikasi ini diluar persetujuan dan pengawasan pengembang aplikasi. Pengguna aplikasi ini bertanggung jawab sepenuhnya terhadap hasil perhitungan yang dikeluarkan oleh masing-masing pengguna. Pengguna wajib melakukan verifikasi ulang terhadap hasil perhitungan menggunakan teknik yang lain untuk menjamin hasil perhitungan yang akurat.</p> |                             |                   |  |
| Direncana oleh : Hanna Abdul Halim<br>Diperiksa oleh : Rulli Ranastra Irawan  |                             |                   |  |
| <b>I. INPUT PARAMETER</b>   |                             |                   |  |
| Tipe Bantalan :   | Steel-Reinforced Bearing    |                   |  |
| Beban Mati = $P_{DL}$ =   | 2400                        | kN                |  |
| Beban Hidup = $P_{LL}$ =  | 1200                        | kN                |  |
| Gerakan Horizontal Bangunan Atas = $\delta_o$ =   | 100.0                       | mm                |  |
| Rotasi Hasil Perhitungan =  | 0.005                       | Radians           |  |
| Toleransi Rotasi =  | 0.005                       | Radians           | (14.4.2.1)                             |
| Rotasi Rencana = $\delta_s$ =   | 0.01                        | Radians           |  |
| Bentuk Bantalan:  | Rectangular                 |                   |  |
| Mengalami Deformasi Geser?  | yes                         |                   |  |
| <b>II. GEOMETRI BANTALAN</b>  |                             |                   |  |
| Lebar Sayap Gelagar =   | 750                         | mm                |  |
| Lebar Bantalan = W =  | 725                         | mm                |  |
| Lebar Sayap Gelagar $\geq$ W  | $750 \geq 725$              | mm.               | OK                                     |
| Total Beban Tekan Unfactored = $P_T$ =  | 3600                        | kN                |  |
| Luas bantalan yang diperlukan (deformasi geser diijinkan) = $A_{min}$ =   | 514285.71                   | mm <sup>2</sup>   | Berdasarkan service limit (14.7.6.3.2) |
| Luas bantalan yang diperlukan (tidak terjadi deformasi geser) = $A_{min}$ =   | N/A                         | mm <sup>2</sup> * |  |
| Panjang Minimum Bantalan = $L_{min}$ =  | 709.36                      | mm                |  |
| Panjang Bantalan = L =  | 740                         | mm                |  |
| L $\geq$ L <sub>min</sub>   | $740.0 \geq 709.36$         | mm                | OK                                     |
| N/A $\geq$ N/A  | N/A                         | N/A               | N/A                                    |
| Luas Area Bantalan = A =  | 536500.0                    | mm <sup>2</sup>   |  |
| <small>*Catatan - Stress limit dapat dinaikkan 10 persen untuk deformasi geser berdasarkan pasal 14.7.6.3.2.</small>  |                             |                   |  |
| <b>III. TEGANGAN TEKAN (AASHTO LRFD pasal 14.7.6.3.2)</b>   |                             |                   |  |
| Modulus Geser Elastomer = G =   | 0.600                       | MPa               |  |
| $0.6 \leq G \leq 0.3$   | $0.6 \leq 0.600 \leq 1.3$   | MPa               | (14.7.6.2) dan (14.7.5.2)              |
| $0.6 \leq 0.600 \leq 1.3$   |                             | MPa               | OK                                     |
| Faktor Bentuk untuk Bantalan Persegi = $S_f$ =  | $= \frac{LW}{2h_{rt}(L+W)}$ | 11.44             | (14.7.5.1-1)                           |
| Tegangan Tekan Rata-rata kondisi layan (Beban Total) =  | $\dagger_s = \frac{P_T}{A}$ | 6.71              | MPa                                    |
| Tegangan Tekan Rata-rata kondisi Layan (Beban Hidup) =  | $L = \frac{P_{LL}}{A}$      | 2.24              | MPa                                    |
| <b>Bantalan dengan Deformasi geser:</b>   |                             |                   |  |
| $s \leq 7.00$   |                             | MPa               | (14.7.6.3.2-4)                         |
| $6.7 \leq 7.00$   |                             | MPa               | OK                                     |
| $s \leq 1.00GS$   |                             | MPa               | (14.7.6.3.2-4)                         |
| $6.7 \leq 6.87$   |                             | MPa               | OK                                     |
| <b>Bantalan terkekang terhadap deformasi geser*:</b>  |                             |                   |  |
| <small>*Catatan - Stress limit dapat dinaikkan 10 persen untuk deformasi geser berdasarkan pasal 14.7.6.3.2.</small>  |                             |                   |  |
| $s \leq 7.70$   |                             | MPa               | (14.7.6.3.2-4)                         |
| N/A $\leq$ N/A  |                             | MPa               | N/A                                    |
| $s \leq 1.10GS$   |                             | MPa               | (14.7.6.3.2-4)                         |
| N/A $\leq$ N/A  |                             | MPa               | N/A                                    |

| IV. DEFORMASI GESEK (AASHTO LRFD pasal 14.7.6.3.4)  |  |          |         |         |                                    |
|---|--|----------|---------|---------|------------------------------------|
| Total Deformation Geser Maksimum Bantalan pada Service Limit =  | $s = 0 =$  | 100.000  | mm      |         |                                    |
|   | $2 s =$  | 200.000  | mm      |         |                                    |
|   | $10 s =$   | 1000.000 | mm      |         |                                    |
| Ketebalan Lapisan Karet Internal =  | $h_{ri} =$   | 16       | mm      |         |                                    |
| Tebal Lapisan Penutup Atas dan Bawah (masing masing) =  | $h_{cover} =$  | 4.000    | mm      |         |                                    |
|   | $h_{cover} \leq 0.7h_{ri}$   |          |         |         | (14.7.6.1)                         |
|   | $4.000 \leq 11.200$  |          | mm      | OK      |                                    |
| Jumlah Lapisan Karet (Tidak Termasuk Lapisan Luar/Cover) =  | $n_{int} =$  | 12       |         |         | ( $n_{int} = 0$ untuk PEP dan CDP) |
| Total Tebal Elastomer saja =  | $h_{rt} = 2h_{cover} + n_{int}h_{ri} =$                                      | 200.000  | mm *    |         |                                    |
| Untuk Bantalan tipe PEP, FGP, and Steel-Reinforced Elastomeric :  |  |          |         |         |                                    |
|   | $h_{rt} \geq 2 s$  |          |         |         | (14.7.6.3.4-1)                     |
|   | $200.000 \geq 200.00$  |          | mm      | OK      |                                    |
| *Catatan - Hanya Berlaku untuk Bantalan Tipe Berlapis Serat "FGP" dan Berlapis Pelat Baja "Steel Reinforced". |  |          |         |         |                                    |
| V. ROTASI (AASHTO LRFD pasal 14.7.6.3.5)  |  |          |         |         |                                    |
| Rotasi Layan akibat Beban Total terhadap Sumbu Melintang =  |  | 0.005    | radians |         |                                    |
| Rotasi Layan Total terhadap sumbu melintang (dengan toleransi) =  | $s_x =$  | 0.01     | radians |         |                                    |
| Rotasi Layan akibat Beban Total terhadap Sumbu Memanjang =  |  | 0.005    | radians |         |                                    |
| Rotasi Layan Total terhadap sumbu memanjang (dengan toleransi) =  | $s_z =$  | 0.01     | radians |         |                                    |
| FGP dan Bantalan Berlapis Pelat Baja :  |  |          |         |         |                                    |
| Exterior Layer Allowance =  | $n_{ext} =$  | 0        |         |         | (14.7.6.3.5d)                      |
| Jumlah lapisan karet ekuivalen =  | $n = n_{int} + n_{ext} =$  | 12       |         |         |                                    |
|   | $\dagger_s \geq 0.5GS \left( \frac{L}{h_{ri}} \right)^{n_{s,x}} \frac{1}{n}$ |          |         |         | (14.7.6.3.5d-1)                    |
|   | $6.71 \geq 6.12$   |          | MPa     | OK      |                                    |
|   | $\dagger_s \geq 0.5GS \left( \frac{W}{h_{ri}} \right)^{n_{s,z}} \frac{1}{n}$ |          |         |         | (14.7.6.3.5d-2)                    |
|   | $6.71 \geq 5.87$   |          | MPa     | OK      |                                    |
| VI. STABILITAS (AASHTO LRFD pasal 14.7.6.3.6)   |  |          |         |         |                                    |
| Ketebalan Total Bantalan Tidak Boleh Melebihi :   |  |          |         |         |                                    |
|   | $L/3 =$  | 246.67   | mm      |         |                                    |
|   | $W/3 =$  | 241.67   | mm      | Kontrol |                                    |
|   | $D/4 =$  | N/A      | mm      |         |                                    |
| Ketebalan Total Bantalan =  | $h_{rt} + h_s(n_{int} + 1) =$  |          |         |         |                                    |
|   | $239.00 \leq N/A$  |          | mm      | OK      |                                    |
| VII. LAPIS BAJA PERKUATAN (AASHTO LRFD pasal 14.7.6.3.7)  |  |          |         |         |                                    |
| Service Limit State   |  |          |         |         |                                    |
| Batas ulur pelat baja =   | $F_y =$  | 240      | MPa     |         |                                    |
|   | $h_{s \min} = \frac{3.0h_{\max s}}{F_y} =$                                   | 1.342    | mm      |         | (14.7.5.3.7-1)                     |
| Fatigue Limit State   |  |          |         |         |                                    |
| Constant Amplitude Fatigue Threshold =  | $F_{TH} =$   | 31       | MPa     |         | (Table 6.6.1.2.5-3)                |
|   | $h_{s \min} = \frac{2.0h_{\max L}}{F_{TH}} =$                                | 2.309    | mm      | Kontrol | (14.7.5.3.7-2)                     |
| Ketebalan pelat minimum =   | $h_{s \min} =$   | 2.309    | mm      |         |                                    |
| Tebal Pelat yang digunakan =  | $h_s =$  | 3.0000   | mm      |         |                                    |
|   | $h_s \geq h_{s \min}$  |          |         |         |                                    |
|   | $3.000 \geq 2.309$   |          | mm      | OK      |                                    |
| VIII. RANGKUMAN HASIL PERHITUNGAN   |  |          |         |         |                                    |
| Lebar Bantalan =  | $W =$  | 725.0    | mm      |         |                                    |
| Panjang Bantalan =  | $L =$  | 740.0    | mm      |         |                                    |
| Tebal Lapisan Internal =  | $h_{ri} =$   | 16.0     | mm      |         |                                    |
| Tebal Lapisan Penutup Atas dan Bawah (Masing-masing) =  | $h_{cover} =$  | 4.0      | mm      |         |                                    |
| Jumlah Lapisan Karet Internal =   | $n_{int} =$  | 12.0     | buah    |         |                                    |
| Total Tebal Elastomer Saja =  | $h_{rt} =$   | 200.0    | mm      |         |                                    |
| Tebal Pelat Baja yang digunakan =   | $h_s =$  | 3.0      | mm      |         |                                    |
| Total Tebal Bantalan =  | $h_{rt} + h_s(n_{int} + 1) =$  | 239.0    | mm      |         |                                    |

**Lampiran F  
(informatif)  
Hubungan antara tegangan dan regangan tekan pada  
elastomer berlapis pelat baja**

Pembatasan terhadap regangan tekan yang terjadi juga perlu diterapkan dalam perhitungan. AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> Edition tahun 2007 membatasi penurunan seketika pada setiap lapisan karet akibat tegangan tekan tanpa adanya kejut sebesar 0.07 h<sub>ri</sub>. Dibawah ini adalah grafik hasil penelitian yang menunjukkan hubungan antara tegangan tekan dengan regangan tekan pada bantalan karet berlapis pelat baja.



**Gambar F.1 - Hubungan antara tegangan dan regangan tekan pada elastomer berlapis pelat baja**

## Bibliografi

1. American Iron and Steel Institute – National Steel Bridge Alliance, STEEL BRIDGE BEARING SELECTION AND DESIGN GUIDE, Vol.II, Chapter. 4 HIGHWAY STRUCTURES DESIGN HANDBOOK, 1996.
2. AASTHO LRFD *Bridge Design Specification*, 4<sup>th</sup> Edition, 2007.
3. *Bridge Design Code*, BMS.
4. Kaczinski, Mark, PE, Steel Bridge Design Handbook, Bearing Design, Publication No. FHWA-IF-12-052 - Vol. 15., November 2012.
5. Pembebanan jembatan, RSNI T-02-2005

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

### 2. Penyusun

| Nama                    | Lembaga                          |
|-------------------------|----------------------------------|
| Rully Ranastra, ST., MT | Pusat Litbang Jalan dan Jembatan |
| Novi Ari Nugroho, ST    | Pusat Litbang Jalan dan Jembatan |
| Hana Abdul Halim, A.Md  | Pusat Litbang Jalan dan Jembatan |

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 23 April 2015

MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT,



M. BASUKI HADIMULJONO