

## PEMBUATAN BENDA UJI *BASE-ISOLATION* UNTUK RUMAH SEDERHANA TAHAN GEMPA

Novianti <sup>1)</sup>, Susy Widhiyanti <sup>2)</sup>, Pariatmono Sukamdo <sup>2)</sup>

### Abstract

*Many methods can be utilized to reduce the vibration on structures caused by earthquakes, one of them is by using base isolation which is installed between the lower- and upper-structures. This paper discuss about the making of base isolation in the laboratory. Base isolation is designed to be used on a simple two-story building. The discussion begins by reviewing the installation of base isolation systems in buildings in general and how the behavior of the building changed with the installation of base isolation. Further, important parts of a base isolation along with the role and behavior of each of these parts are also described. Having known the load received by the base isolation, formulation and calculations in designing a base isolation are also discussed. The designing process is also made to the mold of the base isolation.*

**Keywords:** earthquakes, base-isolation, earthquake-resistant structures, design, testing

### Abstrak

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk meredam getaran yang ditimbulkan gempa pada struktur, salah satunya adalah dengan menggunakan base isolation yang terletak antara struktur bawah dan atas. Pada tulisan ini, dibahas tentang pembuatan base isolation di laboratorium. Base isolation yang dibuat dimaksudkan untuk digunakan pada bangunan sederhana berlantai dua. Pembahasan dimulai dengan meninjau sistem pemasangan base isolation pada bangunan dan bagaimana secara umum perilaku bangunan berubah dengan dipasangnya base isolation tersebut. Selanjutnya dijelaskan pula bagian-bagian penting dari suatu base isolation beserta peran dan perilaku dari masing-masing bagian-bagian tersebut. Perumusan dan perhitungan dalam merancang suatu base isolation juga dibahas setelah diketahui beban yang akan diterima oleh base isolation tersebut. Proses perancangan juga dilakukan terhadap cetakan base isolation.

**Kata kunci:** gempa, base isolation, struktur tahan gempa, perancangan, pengujian

## 1. PENDAHULUAN

Ada beberapa cara yang biasa digunakan untuk memperbaiki kinerja bangunan terhadap gaya gempa, antara lain (1) dengan mengurangi massa bangunan; (2) dengan meningkatkan daktilitas struktur dan mengijinkan elemen struktur pada *joint* bekerja secara *inelastic* untuk mendistribusikan gaya dalam struktur ketika terjadi gempa; serta (3) dengan menggunakan peralatan pengendali struktur (*structural control device*). Tulisan ini terkait dengan cara yang terakhir.

Penggunaan peralatan pengendali struktur bertujuan mengurangi besarnya gaya gempa yang merambat dari struktur bawah ke struktur atas (Kompas, 2002 dan Media Indonesia, 2002). Dengan demikian, perpindahan antar lantai dan percepatan yang dialami struktur ketika terjadi gempa dapat dikurangi. Peralatan pengendali struktur ini dapat berupa: *bracing system* ataupun

*base isolation*. Penjelasan lengkap tentang sistematika dan klasifikasi peralatan pengendali struktur dapat dilihat pada berbagai rujukan, termasuk (Widhiyanti & Novianti, 2002).

*Base isolation* atau *seismic isolator* merupakan pemisah (*isolation*) yang diletakkan di antara kolom dengan pondasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Secara umum, sistem pemasangan *base isolation* ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan terpasangnya *base isolation*, gerakan struktur pada saat gempa diharapkan dapat seperti Gambar 3. Dengan adanya *base isolation*, bangunan akan mengalami peningkatan periode getar (*T*) bangunan.

*Base isolation* memberikan diskontinuitas di antara struktur atas dan struktur bawah sehingga gerakan mendatar

dari pondasi pada saat gempa tidak diteruskan secara penuh ke struktur atas tetapi diredam

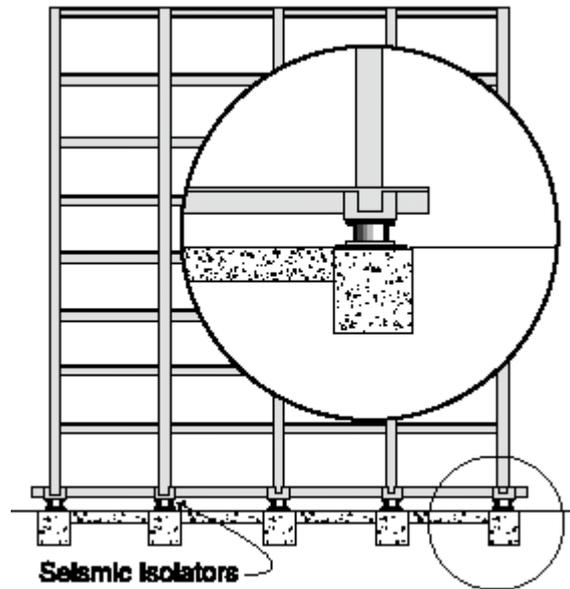
<sup>1)</sup> Suku Dinas Bina Marga, Jakarta Barat

<sup>2)</sup> Kemenristek

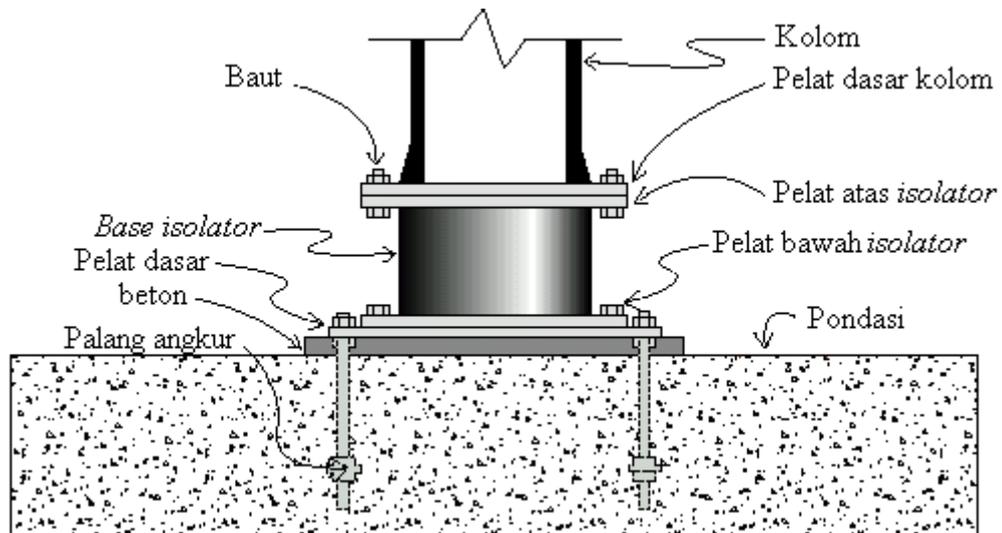
terlebih dahulu oleh *base isolation*. *Base isolation* terdiri dari lapisan-lapisan karet dan baja yang dipasang berselang seling dengan ketebalan tertentu untuk masing-masing bahan. Karet berfungsi untuk menahan gaya

Tulisan ini membahas tentang pembuatan *base isolation*, khususnya terhadap beban aksial dan beban lateral siklik. Beban aksial dianggap

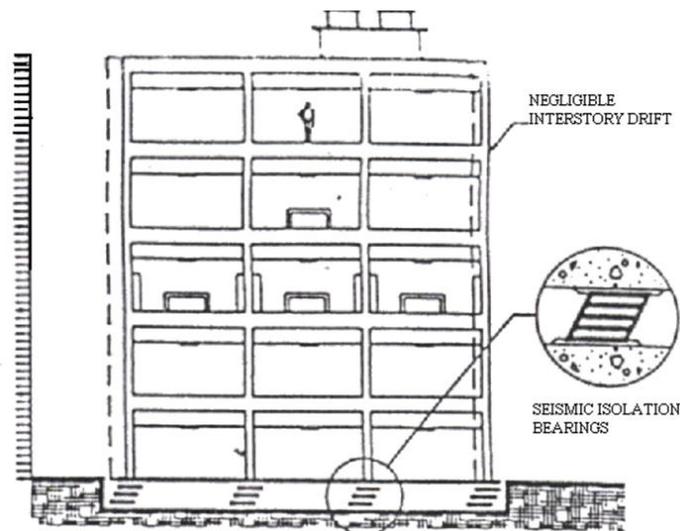
gaya horisontal dan baja berfungsi untuk menahan gaya vertikal.



**Gambar 1.** Penempatan *base isolation* pada struktur gedung.



**Gambar 2.** Pemasangan *base isolation* pada struktur gedung.



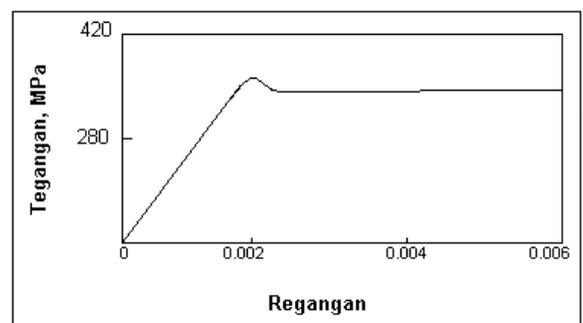
**Gambar 3.** Pergerakan struktur dengan *base isolation* (Anderson, 1989).

mewakili beban mati yang selalu ada, sedangkan beban siklik mencerminkan beban tambahan yang diterima oleh struktur pada saat gempa. Meskipun demikian, artikel ini tidak membahas sifat-sifat kimiawi karet; tidak membahas tentang peningkatan mutu karet yang digunakan untuk benda uji; serta tidak membahas metoda konstruksi dan pemasangan *base isolation*.

Pembuatan *base isolation* dilakukan di Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor, Jawa-Barat, sedangkan pengujiannya dilaksanakan di Balai Struktur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman, Badan Penelitian Pengembangan Kimbangwil, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.

## 2. Karakteristik Bahan Penyusun *Base Isolation*

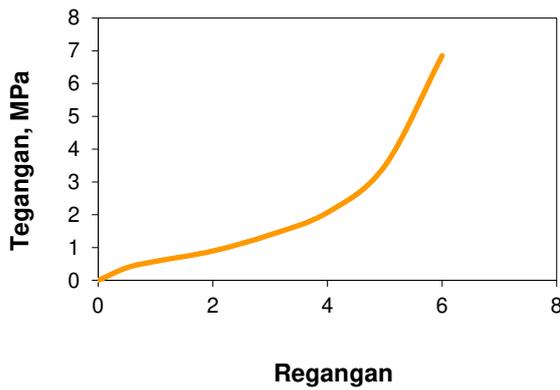
Bahan penyusun *base isolation* pada dasarnya adalah baja dan karet. Keduanya mempunyai sifat-sifat yang jauh berbeda. Baja memiliki kekuatan tarik dan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan karet atau dengan kata lain baja jauh lebih kaku dibandingkan dengan karet. Modulus elastisitas ( $E$ ) baja dapat dikatakan konstan sebesar 200.000 MPa. Secara grafik dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4:** Kurva tegangan-regangan baja.

Seperti telah disebutkan, selain baja, bahan utama yang digunakan dalam proses pembuatan *base isolation* yang ditinjau dalam tulisan ini adalah karet alam. Dalam tulisan ini, karet alam yang digunakan adalah karet alam dengan kualitas I yaitu karet alam jenis RSS I (*Rips Smoke Sheet*), yang didapat dari PT. Perkebunan di Bogor. Jenis RSS I ini mempunyai kelebihan antara lain mempunyai tingkat fleksibilitas yang tinggi, mempunyai bobot molekul yang tinggi sehingga mempunyai daya mekanik yang besar, dan dengan kadar kotoran yang rendah.

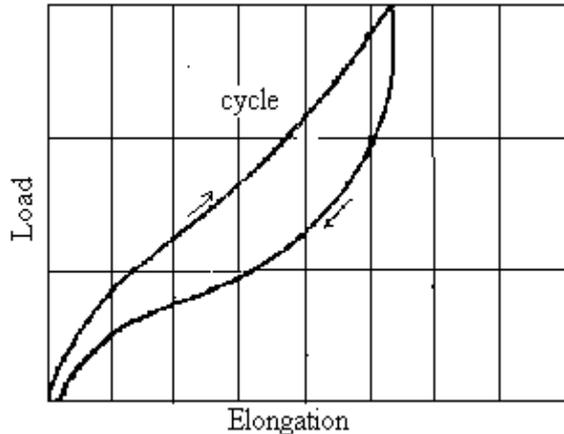
Sifat-sifat mekanik karet dapat bervariasi tergantung dari temperatur, pembebanan dan frekuensi fluktuasi tegangan. Kurva tegangan regangan akibat tekan, yang pada akhirnya karet mengalami kekakuan (Gambar 5)



**Gambar 5.** Kurva tegangan-regangan karet alam.

Tidak seperti pada logam, karet tidak akan meleleh pada tegangan yang besar akan tetapi justru karet akan semakin kaku (lihat Gambar 5), dan selanjutnya kurva akan membentuk bagian garis lurus seperti pada material getas.

Karena tingkat elastisitasnya yang tinggi, ketika tidak dibebani karet akan kembali ke posisi semula. Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa karet memiliki energi disipasi yang besar.

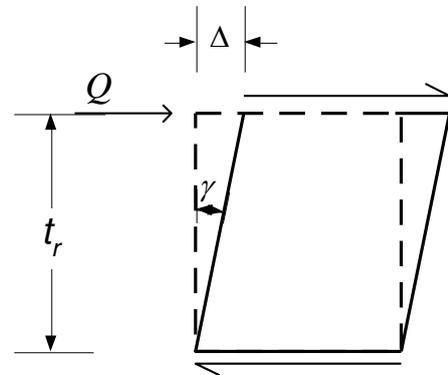


**Gambar 6.** Kurva histeresis karet (Ministry of Supply, 1946)

Modulus karet diukur dari kekakuannya, penghitungan nilai modulus ini biasanya dengan melakukan pengujian pada kompon yang sudah divulkanisasi. Pengujian tarik dilakukan pada kondisi awal mesin berhenti dan tidak terjadi perpanjangan pada karet, kemudian diberikan beban yang besarnya dibaca oleh alat pembaca beban. Jika benda uji tidak putus pembebanan dilanjutkan sampai batas yang diinginkan.

### 3. Karakteristik Mekanik *Base Isolation*

Hal terpenting dari sifat mekanik *base isolation* adalah kekakuan horisontal (Naeim & Kelly, 1999), seperti yang digambarkan dalam Gambar 7.



**Gambar 7.** Deformasi geser *Base Isolation*

Dari Gambar 6 tersebut, dapat dirumuskan, bahwa (Timoshenko & Young, 1996):

$$\tau = \frac{Q}{A} ; \tau = G\gamma ; \gamma = \frac{\Delta}{t_r} \quad (1)$$

$$Q = A\tau = AG\gamma = \frac{GA}{t_r}\Delta \quad (2)$$

sehingga :

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (3)$$

dengan:

$G$  : Modulus geser *base isolation*

$A$  : Luas permukaan *base isolation*

$t_r$  : Total ketebalan karet

$K_H$  : Kekakuan horisontal

$\tau$  : Tegangan

Perpindahan horisontal,  $\Delta$  yang berhubungan dengan regangan geser,  $\gamma$  adalah :

$$\gamma = \frac{\Delta}{t_r} \quad (4)$$

Frekuensi vertikal struktur yang diisolasi merupakan kriteria yang penting dalam mendesain ukuran *base isolation*. Frekuensi vertikal struktur ini dapat diperkirakan dari kekakuan vertikal *bearing* terutama akibat beban mati dan kemudian dianalisis secara linier. Biasanya *bearing* akan kokoh sebelum kekakuan vertikal tercapai secara penuh, hal ini sangat dipengaruhi oleh kesejajaran pelat baja (*reinforcing shim*) dan aspek lainnya dalam proses pencetakan yang tidak dapat diprediksikan dengan analisis tetapi cukup penting untuk memprediksikan respons *bearing*.

$$f_v = \frac{\omega}{2\pi} \quad (5)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K_v}{m}} \quad (6)$$

$$K_v = \frac{E_c A}{t_r} \quad (7)$$

dengan:

$A$  : Luas pelat baja

$t_r$  : Total tebal *rubber bearing*

$E_c$  : Nilai modulus elastisitas yang didapat dari pengujian terhadap komposit karet–baja pada tingkat tertentu yang diberi beban vertikal.

Nilai  $E_c$  pada selapis karet dikontrol oleh faktor bentuk  $S$ , yang didefinisikan sebagai berikut :

$$S = \frac{\text{luas daerah terbebani}}{\text{Luas daerah yang tidak dibebani}} \quad (8)$$

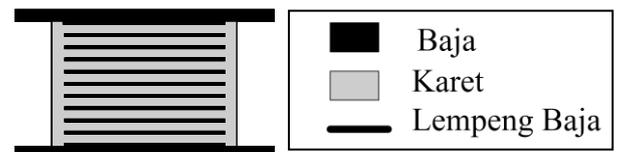
Faktor bentuk untuk isolator yang berbentuk lingkaran dengan diameter  $\Phi$  atau jari-jari  $R$  dan ketebalan per unit  $t$ , adalah

$$S = \frac{\Phi}{4t} \quad \text{atau} \quad S = \frac{R}{2t} \quad (9)$$

#### 4. Perancangan Pengujian *Base Isolation*

Seperti telah disebutkan, *base isolation* merupakan bantalan karet penahan gaya gempa yang dipasang di setiap kolom yaitu di antara pondasi dan bangunan. Oleh karena itu

*base isolation* harus dibuat kuat untuk menahan beban vertikal namun harus tetap fleksibel menahan gaya geser. Unsur pembentuk *base isolation* adalah karet alam dan baja (lihat Gambar 7). Karet alam berfungsi untuk menahan gaya lateral akibat gempa bumi, sedangkan lempeng baja digunakan untuk menambah kekakuan bantalan karet, sehingga penurunan bangunan saat bertumpu di atas bantalan karet tidak besar. Karakteristik *base isolation* dapat dikontrol dengan penentuan karakteristik kompon karet dan baja penyusunnya.



**Gambar 7:** Penampang melintang bantalan karet.

#### 4.1. Beban Rencana Struktur

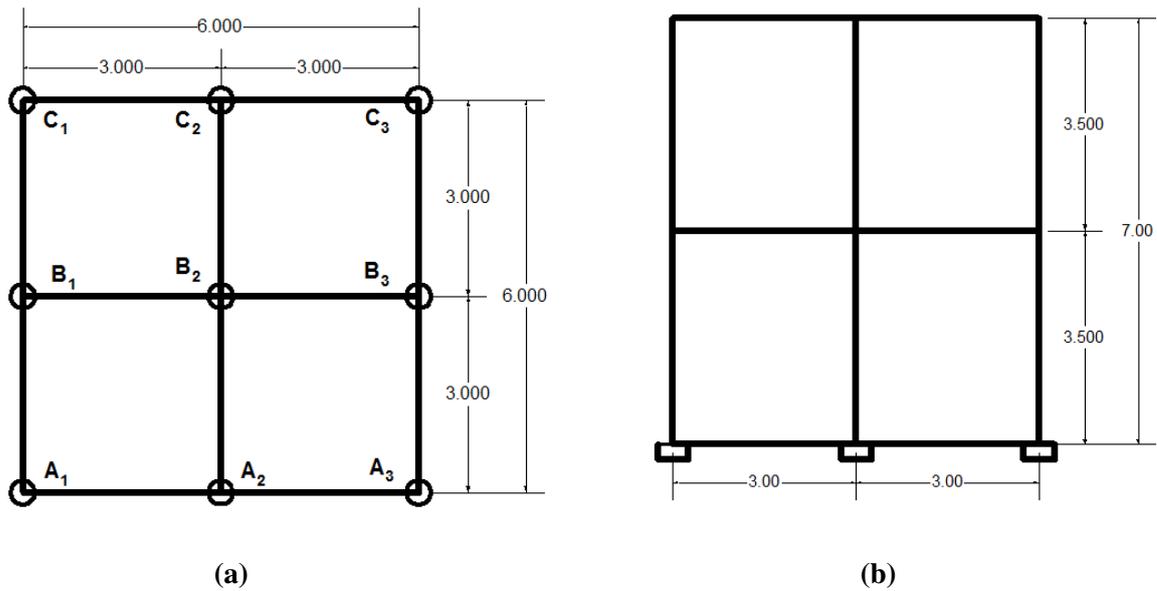
Untuk mendesain benda uji *base isolation* ini, terlebih dahulu diperhitungkan beban rencana vertikal yang akan dikenakan struktur terhadap *base isolation*. Beban struktur tersebut terdiri dari beban mati dan beban hidup. Pada tulisan ini, struktur bangunan yang digunakan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Bangunan terdiri dari dua lantai (Gambar 8)
- Bangunan diperuntukkan bagi rumah tinggal
- Bangunan menggunakan konstruksi beton bertulang
- Bangunan terletak di zona 1, pada tanah lunak

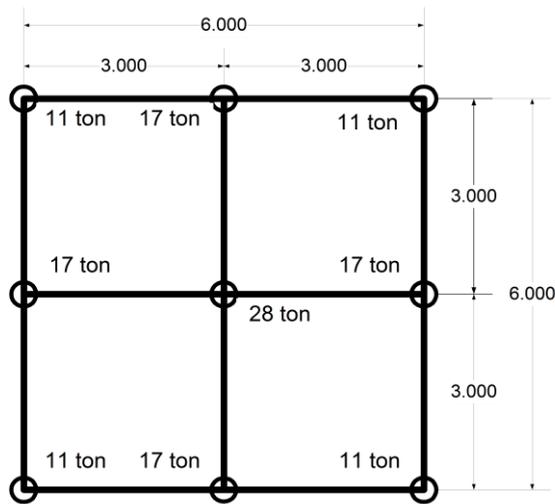
Bangunan dengan karakteristik di atas mempunyai beban vertikal pada kolom sebagai berikut:

- Kolom  $A_1, A_3, C_1, C_3 = 10.705,5 \text{ kg} \approx 11.000 \text{ kg}$ ,
- Kolom  $A_2, B_1, B_3$  dan  $C_2$  sebesar  $17.000 \text{ kg}$ ,
- Kolom  $B_2$  sebesar  $28.000 \text{ kg}$ .

Hasil keseluruhan ini terlihat pada Gambar 9. Perhitungan beban secara lengkap untuk masing-masing kolom dapat dilihat pada (Widhiyanti & Novianti, 2002).



**Gambar 8.** (a) Denah struktur, (b) Potongan melintang.



**Gambar 9.** Distribusi pembebanan vertikal struktur (dalam satuan meter )

#### 4.2. Desain Cetakan

Tahap berikutnya yang harus dilakukan adalah mendesain dimensi benda uji *base isolation* atau dimensi cetakan beserta jumlah lapisan karet dan bajanya. Dari Gambar 9 di atas terlihat ada perbedaan beban vertikal yang akan diterima oleh setiap *base isolation* yaitu 11 ton, 17 ton, dan 28 ton. *Base isolation* kemudian direncanakan terhadap 2 tipe beban, yaitu tipe A dengan beban 28 ton dan tipe B dengan beban 17 ton.

Ada beberapa hal yang harus diketahui sebelum dilakukan perhitungan desain benda uji, antara lain (Naeim & Kelly, 1999):

- Periode rencana struktur dengan *base isolation* ( $T_D$ )

$$T_D = 3T_S \quad (10)$$

$$T_D = 3 \cdot 0,589 = 1,77 \text{ detik}$$

dengan:

$T_D$  = Periode rencana struktur dengan *base isolation*.

$T_S$  = Periode struktur tanpa *base isolation*.

Nilai  $T_S$  didapat dari pemodelan struktur tanpa *base isolation*.

- Modulus Geser rencana ( $G$ ) karet = 1,07 MPa

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (11)$$

dengan :

$$\begin{aligned} G &= \text{Modulus geser, MPa} \\ E &= \text{Modulus elastisitas} \\ &= 3,2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\nu = \text{Poisson's ratio karet (0,49)}$$

$$G = \frac{3,2}{2(1+0,49)} = 1,07 \text{ MPa}$$

- Kekakuan horisontal *bearing* ( $K_H$ )

$$K_H = \frac{W}{g} \left[ \frac{2\pi}{T_D} \right]^2 \quad (12)$$

Persamaan (12) di atas didapat dengan mengetahui bahwa :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (13)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad (14)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (15)$$

sehingga

$$\left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 = \frac{m}{k} \quad (16)$$

$$k = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$$

dan

$$k = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (17)$$

Persamaan (17) dapat ditulis kembali dan menjadi seperti Persamaan (12), dengan:  
 $K_H$  = Kekakuan horisontal rencana *base isolation*.

$K_H^A$  = Kekakuan horisontal rencana *base isolation* tipe A (28 ton)

$K_H^B$  = Kekakuan horisontal rencana *base isolation* tipe B (17 ton)

$W$  = Beban rencana struktur yang akan diterima oleh *base isolation*.

$g$  = Percepatan gravitasi = 10 Kg/ m<sup>2</sup>

$T_D$  = Periode rencana struktur dengan *base isolation*

Tipe A :

$$\begin{aligned} K_H^A &= \frac{W}{g} \left[ \frac{2\pi}{T_D} \right]^2 \\ &= 28000 \left[ \frac{2\pi}{1,77} \right]^2 = 356.855,53 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$K_H^A = 0,357 \text{ MN/m}$$

Tipe B:

$$\begin{aligned} K_H^B &= \frac{W}{g} \left[ \frac{2\pi}{T_D} \right]^2 \\ &= 17000 \left[ \frac{2\pi}{1,77} \right]^2 = 216.662,29 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$K_H^B = 0,217 \text{ MN/m}$$

- Luas permukaan rencana benda uji (tipe A dan B)

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (18)$$

dengan:

$K_H$  = Kekakuan horisontal rencana *base isolation*.

$G$  = Modulus geser rencana Karet.

$A$  = Luas rencana *base isolation*.

$t_r$  = Tebal total karet rencana (asumsikan,  $t_r = 5$  cm).

$$K_H^A = \frac{GA}{t_r} = 0,357 \text{ MN/m} \quad (3.8)$$

$$A = \frac{K_H^A t_r}{G} = \frac{0,357 \times 0,05}{1,07} = 0,017 \text{ m}^2$$

$$K_H^B = \frac{GA}{t_r} = 0,217 \text{ MN/m}$$

$$A = \frac{K_H^B t_r}{G} = \frac{0,217 \times 0,05}{1,07} = 0,010 \text{ m}^2$$

Ambil luas rencana untuk kedua benda uji 0,017 m<sup>2</sup>

- Luas permukaan sesungguhnya benda uji

$$\Phi = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (19)$$

dengan:

$\Phi$  =diameter rencana *base isolation*.

$A$  =luas rencana *base isolation*.

$$\Phi = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,017}{\pi}} = 0,147 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4}\pi\Phi^2 = \frac{1}{4}\pi(0,147)^2 = 0,017 \text{ m}^2$$

- Kekakuan horisontal 1 (satu) buah *elastomeric bearing* sesungguhnya

$$K_H^A = K_H^B = \frac{GA}{t_r} = \frac{1,07 \times 0,017}{0,05} = 0,364 \text{ MN/m}$$

- Kekakuan horisontal seluruh bangunan  $K_H = 9 \times 0,364 = 3,27 \text{ MN/m}$
- Periode sesungguhnya

$$\omega_a^2 = \frac{K_H g}{W} = \frac{3,27 \times 10^6 \text{ (N/m)}}{140.000 \text{ (kg)}} = 23,357 \text{ detik}^{-2}$$

dengan  $\omega_a$  adalah frekuensi sesungguhnya (*actual frequency*)  
Frekuensi angular ( $\omega_H$ ) = 4,833 rad/detik

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4,833} = 1,300 \text{ detik}$$

- Frekuensi vertikal  
Digunakan frekuensi vertikal  $f_v = 16 \text{ Hz}$

$$f_v = \frac{1}{T} \quad (20)$$

Mengacu pada persamaan (10), nilai  $T = 3$  kali periode ragam bentuk vertikal pertama pada struktur tanpa *base isolation*. Pembahasan mengenai ragam bentuk ini pada (Widhiyanti & Novianti, 2002).

$$T = 3 \cdot 0,021 = 0,063 \text{ detik}$$

$$f_v = 1/0,063 = 15,87 \text{ Hz} \approx 16 \text{ Hz}$$

- Faktor bentuk ( $S_f$ )

$$S = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{f_v}{f_H} = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{16}{1/1,30} = 8,492$$

$$S = \frac{\Phi}{4t}$$

$$t = \frac{\Phi}{4S} = \frac{150}{4 \cdot 8,492} = 4,415 \text{ mm}$$

$$nt = 50 \text{ mm,}$$

$$n = \frac{50}{t} = \frac{50}{4,415} = 11,325 \text{ lapis}$$

- Perhitungan tebal lapisan karet sesungguhnya

Untuk *base isolation* Tipe A, beban vertikal 28 ton, digunakan 11 lapis karet (dan 10 lapis baja tipis)

$$t = \frac{50}{n} = \frac{50}{11} = 4,55 \text{ mm}$$

$$h = 20 \times 2 + 4,55 \times 11 + 2 \times 10 = 110 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk *base isolation* Tipe B, dengan beban vertikal 17 ton, digunakan 10 lapis karet (beserta 9 lapis baja tipis), sehingga:

$$t = \frac{50}{n} = \frac{50}{10} = 5,00 \text{ mm}$$

$$h = 20 \times 2 + 5,0 \times 10 + 2 \times 9 = 108 \text{ mm}$$

Tinggi *base isolation* 9 dan 10 lapis dibuat sama yaitu 108 mm sehingga tebal karet untuk Tipe A adalah

$$t = \frac{108 - (2 \times 20 + 10 \times 2)}{11} = 4,364 \text{ mm}$$

**Tabel 1.** Dimensi benda uji

Keterangan	Nilai
Diameter Benda uji	150 mm
Tinggi Benda Uji	108 mm
Tebal satu lapis karet	
9 lapis	5,00 mm
10 lapis	4,364 mm
Tebal lapisan baja :	
Tipis	2 mm
Tebal	20 mm
Diameter Baja Tipis	140,5 mm

### 5. Pembuatan Cetakan dan *Base Isolation*

Berdasarkan data di atas, dibuat cetakan benda uji dengan ukuran sebagai berikut

#### 1. Geometri

Tinggi total : 157,5 mm  
Diameter : 245 mm

#### 2. Bahan

Baja 50 yang diperkeras. Menurut Grade Bohler seharusnya bahan yang digunakan adalah baja chromium nikel molibdenum (*moulding steel*, WKW 35 M), tetapi dalam praktiknya dapat juga menggunakan Baja 40 atau 50 yang diperkeras.

#### 3. Pelat atas dan bawah

Diameter sisi luar : 245 mm  
Diameter sisi tengah : 152 mm  
Tebal sisi pinggir : 13 mm  
Tebal sisi tengah : 23,75 mm

4. Silinder
  - Diameter luar : 180 mm
  - Diameter dalam : 150 mm
5. Pen
  - Diameter : 12,5 mm
  - Tinggi : 43 mm

Gambar 10 menunjukkan (dalam bentuk foto sebenarnya dan diagram yang dilengkapi dengan ukuran) dari cetakan *base-isolation* seperti yang telah dijelaskan di atas. Dalam Gambar tersebut ditunjukkan juga bahan-bahan penyusun *base-isolation* yaitu lapisan-lapisan karet dan baja.

Selanjutnya, pada Gambar 11(a) ditunjukkan dokumentasi foto ketika karet dan baja disusun dalam cetakan tersebut untuk kemudian mengalami proses vulkanisasi menggunakan mesin vulkanisasi yang nampak pada Gambar 11(b).

Seperti diketahui, secara singkat vulkanisasi adalah proses perbaikan sifat karet, terutama kekuatan dan keelastisitasnya (Teras Kimia, 2016). Sifat

karet yang lebih baik setelah vulkanisasi terjadi karena adanya perubahan pada struktur molekul polimer karet yaitu terbentuknya ikatan silang antar rantai polimer karet oleh atom-atom belerang. Adanya ikatan ini membuat molekul polimer karet menjadi tidak bergerak bebas lagi. Ini artinya karet berubah jadi lebih kaku atau kekuatan dan keelastisitasnya bertambah.

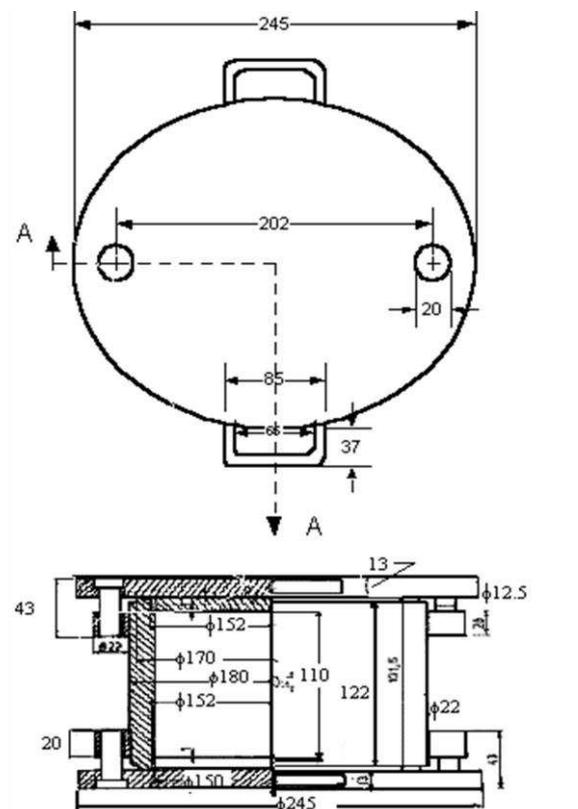
Di awal sejarahnya, Charles Goodyear, penemu teknik vulkanisasi, melakukan vulkanisasi dengan memanaskan karet dengan sejumlah kecil belerang. Pada perkembangannya, agar proses vulkanisasi berlangsung cepat ditambahkan zat akselerator. Beberapa zat akselerator yang dipakai adalah merkaptobenzotiazol, urea, dan tiofenol. Zat aktivator ditambahkan untuk mengoptimalkan kinerja zat akselerator. Contoh zat aktivator adalah ZnO dan asam stearat. Selain itu, dapat ditambahkan bahan pengisi (*filler*), seperti karbon hitam yang membuat karet tidak mudah sobek dan kuat terhadap gesekan.



(a) Foto Cetakan *base isolation*



(b) Lapisan karet dan baja



(c) Diagram dan ukuran cetakan

**Gambar 10.** Cetakan *base-isolation* dan bahan penyusun *base-isolation*, yaitu karet dan baja



(a) Penyusunan lapisan karet dan baja.



(b) Mesin vulkanisasi

**Gambar 11.** Penyusunan karet dan baja dalam cetakan dan mesin vulkanisasi

Setelah mengalami seluruh proses di atas, dapat dikatakan bahwa *base-isolation* sudah jadi dan siap diuji-coba. Bentuk akhir *base-isolation* tampak seperti pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Benda uji *base isolation*

## 6. PENUTUP

Untuk daerah Indonesia yang sering mengalami gempa, dan sebagian besar korban adalah mereka yang tinggal di rumah sederhana, perlu difikirkan peralatan yang bila dipasang, pada rumah sederhana, dapat mengurangi resiko runtuhnya rumah tersebut akibat goyangan gempa. Berbagai penelitian tentang struktur tahan gempa menunjukkan

bahwa *base-isolation* yang memisahkan struktur pondasi dengan struktur di atasnya, adalah cara yang efektif untuk mengurangi dampak gempa terhadap bangunan tinggi. Untuk keadaan di Indonesia, penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui hingga sebatas manakah efektifitas *base isolation* dalam menahan gaya gempa pada rumah sederhana.

Pada tulisan ini, manfaat dan proses pembuatan *base isolation* telah dijelaskan. Pemasangan *base isolation* pada bangunan juga secara ringkas telah digambarkan. Selanjutnya, proses perancangan *base isolation* juga disampaikan dengan mengambil dasar beban yang terjadi pada rumah sederhana. Sebelum digunakan pada struktur sebenarnya, tentu saja *base isolation* yang sudah dibuat ini perlu diuji di laboratorium dan model numerik untuk memeriksa kinerjanya dalam mengurangi guncangan pada saat gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.C., 1989, “*Dynamic Response of Buildings*”, Chapter 3, Handbook of Seismic Design 1<sup>st</sup> Edition, F. Naem (editor), Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kompas, “Bangunan Pun Perlu Peredam Getar”, edisi 10 Agustus 2002, Jakarta.
- Media Indonesia, “Antisipasi Kerusakan Gedung, Karet untuk Bangunan Tahan Gempa”, edisi 2 Agustus 2002, Jakarta.

Ministry of Supply, Admirally and ministry of Aircraft Production (The Service Rubber Investigation), 1946, *Rubber in Engineering*, His Majesty's Stationery Office, London.

Naeim, F. and Kelly, J.M., 1999, *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*, Jhon Wiley & Sons, Inc, Canada.

Teras Kimia, <http://aboutchemistry.blogspot.co.id/2013/07/vulkanisasi-karet.html>, dibaca pada 18 Mei 2016

Timoshenko, S dan D.H. Young, 1996, *Mekanika Teknik*, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

Widhiyanti & Novianti, 2002, "*Kajian Efektifitas dan Efisiensi Base Isolation dal*