

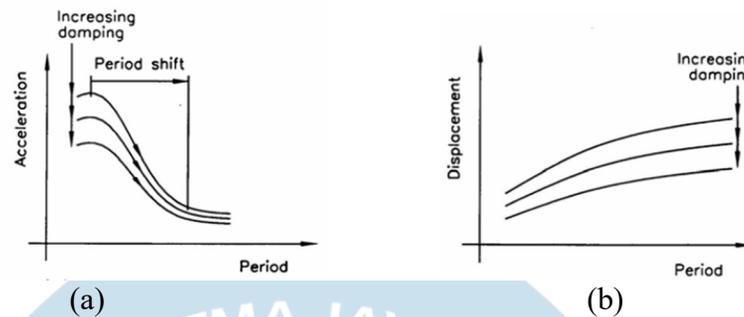
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Isolasi Seismik

Pada dasarnya isolasi seismik terdiri dari pemasangan suatu mekanisme yang memisahkan struktur dari substruktur sehingga terhindar dari potensi kerusakan oleh gerakan tanah akibat gempa bumi. Pemisahan ini ditujukan untuk meningkatkan fleksibilitas struktur, bersama dengan menyediakan redaman yang sesuai dengan karakteristik struktur. Pada umumnya penerapan sistem isolasi seismik dipasang di bawah struktur dan disebut juga dengan *base isolation*. Pada saat sistem isolasi seismik digunakan, keseluruhan struktur menjadi lebih fleksibel. Meskipun metode perhitungan yang digunakan sangat beragam oleh berbagai perancang, perpindahan rancangan yang direkomendasikan harus berkisar di antara 50-400 mm, dan mungkin hingga dua kali lipat dari jumlah tersebut jika gerakan tanah ekstrim dipertimbangkan (Skinner dkk, 2011).

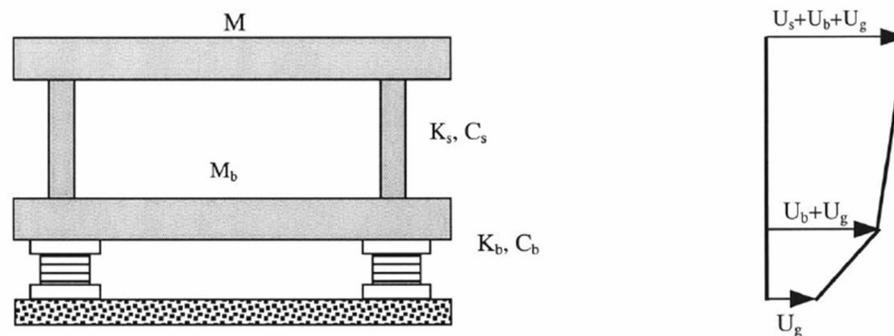
Percepatan gempa bumi pada umumnya memiliki periode dominan antara 0,1 sampai 1,0 detik, tingkat maksimum berada pada kisaran 0,2 sampai 0,6 detik. Struktur yang memiliki periode getar alami antara 0,1 sampai 1,0 detik sangat rentan dengan kerusakan gempa karena potensi adanya resonansi. Keistimewaan dari *base isolation* adalah kemampuannya dalam meningkatkan periode getar alami struktur. Dengan meningkatnya periode maka resonansi pada bangunan dan disekitar bangunan dapat dihindari dan respon percepatan gempa dapat diturunkan.



Gambar 2.1 Pengaruh peningkatan fleksibilitas pada struktur. Meningkatnya periode dan redaman dapat menurunkan respon percepatan gempa (a) dan meningkatkan *displacement* (Skinner dkk, 2011).

2.2 Persamaan Gerak Struktur dengan *Base Isolation*

Dengan menambahkan suatu tapakan yang fleksibel di antara pondasi dan superstruktur, struktur atas diasumsikan memiliki kekakuan yang sempurna maka perilaku struktur dapat diprediksikan menggunakan teori linear dengan 2 derajat kebebasan/2-DOF. Untuk dapat memperoleh perilaku sistem isolasi, komponen pegas linear dan redaman linear akan diimplementasikan pada pemodelan sederhana 2-DOF ini (Naeim dan Kelly, 1999).



Gambar 2.2 Parameter Model Isolasi pada Struktur 2-DOF (Wu, 2001)

Keterangan:

- M, U_s = massa dan perpindahan superstruktur,
 M_b, U_s = massa dan perpindahan tingkat dasar di atas sistem isolasi,

K_s, C_s = kekakuan dan redamanan struktur,
 U_g = perpindahan tanah.

Persamaan gerak adalah:

$$m\ddot{u}_s + c\dot{u}_s + ku_s = -m(\ddot{u}_g + \ddot{u}_b) \quad (2-1)$$

Pada struktur *fixed-base*, frekuensi natural dan periode fundamental dapat diperoleh dengan persamaan-persamaan di bawah ini:

$$\omega_f = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T_f = \frac{2\pi}{\omega_f} \quad \beta_f = \frac{c}{2m\omega_f} \quad (2-2)$$

Periode dan frekuensi natural bangunan dinotasikan dengan T_f dan ω_f , rasio redaman dinotasikan dengan β_f . Dengan adanya kekakuan dan redaman pada sistem isolasi struktur *fixed-base* maka frekuensi yang baru dan periode dari struktur yang terisolasi dapat diperoleh dengan persamaan-persamaan berikut:

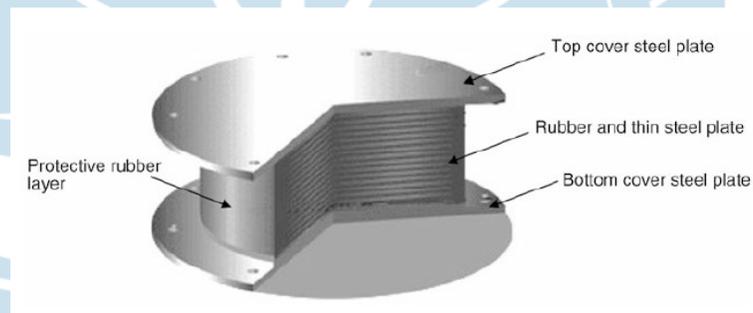
$$\omega_b = \sqrt{\frac{k_b}{m+m_b}} \quad T_b = \frac{2\pi}{\omega_b} \quad \beta_b = \frac{c_b}{2(m+m_b)\omega_b} \quad (2-3)$$

Dengan nilai kekakuan yang jauh lebih rendah, didapatkan periode baru yang lebih lama T_b sehubungan dengan periode fundamental bangunan T_f . Periode getar yang lebih lama adalah faktor efektif yang mengurangi dampak gaya pada struktur.

2.3 High Damping Ruber Bearing (HDRB)

High Damping Ruber Bearing (HDRB) terbuat dari lapisan karet elastomer yang disusun secara bergantian dengan pelat baja dan digabungkan menjadi satu pada

tekanan dan temperatur yang tinggi melalui proses vulkanisasi. Stratigrafi ini memungkinkan transmisi beban vertikal karena efek permanen (gravitasi) dan tidak disengajai. Bahkan, kapasitas beban vertikal dapat dinaikkan dengan mengurangi ketebalan setiap lapisan karet, pelat baja yang tersusun di antara lapisan karet dapat meningkatkan kekakuan vertikal dari bantalan. Lapisan pelat baja ini dapat mencegah deformasi pada karet yang disebabkan oleh berat bangunan. Redaman yang ada pada karet dapat dinaikkan dengan cara menambahkan karbon hitam yang berkualitas, minyak atau resin, dan pengisi yang dimiliki lainnya sehingga dapat mencapai rasio redaman $\beta = 10-20\%$ pada regangan geser 100%. (Cimellaro dan Marasco, 2018)



Gambar 2.3 Skematik lapisan-lapisan pada bantalan karet HDRB (Cimellaro dan Marasco, 2018)

Jenis *base isolation* HDRB dipilih karena kelebihanannya yang memiliki nilai ekuivalen *damping ratio* yang tinggi oleh karena nilai modulus geser yang dapat berubah-ubah terhadap regangan geser yang diterapkan. Kelebihan lainnya juga adalah transisi kekakuan dari linear ke nonlinear dari HDRB lebih halus dibandingkan dengan tipe *base isolation* lainnya. Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam

dapat menyebabkan efek vibrasi yang lebih besar dan merusak *equipment* yang sensitif terhadap vibrasi (Setiadi, 2015).

2.4 Pengaruh *Base Isolation* pada Struktur Bangunan

Hasil analisis Teruna (2005), pada studi kasus bangunan 10 tingkat dengan menggunakan 3 jenis *base isolation* tipe HDRB memperoleh hasil yang signifikan dibandingkan dengan bangunan yang tidak menggunakan *base isolation*. Dari hasil analisa diperoleh waktu getar struktur 0,75 detik untuk bangunan tanpa *base isolation* dan 1,47 detik untuk bangunan dengan *base isolation*, hasil ini menunjukkan peningkatan sebesar 96% pada bangunan dengan *base isolation*. Untuk simpangan antar tingkat maksimum diperoleh sebesar 13 mm dan 7,3 mm masing-masing untuk bangunan tanpa dan dengan *base isolation*. Penggunaan *base isolation* dapat mereduksi simpangan antar tingkat sebesar 43,8%.

Pemeriksaan dan perbandingan respons struktur antara struktur *fixed-base* dan struktur yang menggunakan *base isolation* juga dilakukan oleh Nassani dan Abdulmajeed (2015) dengan menggunakan HDRB sebanyak 24 unit pada bangunan sekolah 5 lantai yang material strukturnya adalah beton bertulang. Pada mode pertama diperoleh pada bangunan *fixed-base* sebesar 0,6582 detik dan 3,5690 detik pada bangunan yang menggunakan *base isolation*. Pada gaya geser dasar diperoleh sebesar 14393 kN untuk bangunan *fixed-base* dan 3506 kN untuk bangunan dengan *base isolation*. Dalam pemaparan hasil analisa ini dapat diketahui bahwa penggunaan *base*

isolation sebagai sistem proteksi seismik pada bangunan dapat mereduksi respons struktur yang diakibatkan oleh gaya gempa.

