

Kaji Eksperimental Penggunaan Gabungan Isolator dan Peredam Getaran Dinamik Pasif Pada Struktur Bangunan

Mulyadi Bur, Lovely Son, Ega Asyura Rizfa

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Andalas

Kampus Limau Manis, Padang, 25163

email: mulyadibur@ft.unand.ac.id

Abstrak

Gangguan getaran yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan yang menimbulkan kerugian cukup besar, bahkan dapat menimbulkan korban jiwa. Salah satu gangguan getaran yang sering muncul saat ini adalah gempa bumi. Kapan dan dimana gempa bumi akan terjadi belum dapat diprediksi dengan tepat. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi efek gempa pada bangunan, sehingga korban jiwa maupun kerugian materi yang timbul dapat dikurangi. Dalam hal kasus gangguan yang terjadi pada tumpuan seperti beban gempa, teknik isolasi getaran pada bagian landasan struktur merupakan metode konvensional yang sering digunakan untuk mengurangi transmisi getaran dari landasan ke struktur.

Teknik isolasi getaran cukup efektif digunakan jika frekuensi gangguan berada jauh di atas frekuensi pribadi sistem, akan tetapi pada saat frekuensi gangguan berada di dekat frekuensi pribadi sistem maka unjuk kerja dari teknik isolasi getaran akan berkurang. Pada kondisi ini akan muncul peristiwa resonansi yang ditandai dengan makin besarnya amplitudo getaran. Pada sistem getaran dengan redaman rendah seperti struktur bangunan, kondisi ini berpotensi menimbulkan kerusakan. Untuk mengatasi masalah ini diperlukan suatu mekanisme peredam lain yang dapat mengurangi getaran sistem pada saat terjadi resonansi yaitu menggunakan peredam dinamik.

Pada penelitian ini diusulkan penggunaan penggabungan antara isolator getaran dan peredam getaran dinamik pasif pada struktur bangunan bertingkat dengan gangguan pada tumpuan. Dari hasil kaji eksperimental untuk penggabungan ke dua komponen peredam getaran ini, efektifitas peredam dapat ditingkatkan atau dengan kata lain energi getaran yang diteruskan ke struktur dapat dikurangi secara signifikan. Berdasarkan hasil pengujian pada model struktur bangunan sederhana, diperoleh hasil bahwa amplitudo respon percepatan di dekat frekuensi pribadi pertama struktur dapat dikurangi sampai dengan 50%.

Kata kunci: Isolator getaran, peredam getaran dinamik pasif, gangguan pada tumpuan

Pendahuluan

Masalah getaran pada sistem akibat gaya dinamik semakin mendapat perhatian beberapa tahun belakang. Hal ini disebabkan karena kerusakan serius dapat terjadi pada sistem meskipun gaya dinamik yang bekerja mempunyai amplitudo yang cukup kecil.

Pada struktur bangunan, gaya dinamik dapat ditimbulkan oleh beban gempa atau beban angin (Beyer, et. al, 2011). Dalam hal ini, pada saat gaya gangguan mempunyai frekuensi yang mendekati harga frekuensi resonansi struktur maka struktur akan bergetar dengan amplitudo yang semakin lama semakin membesar sehingga dapat menyebabkan kegagalan pada struktur maupun pondasinya.

Teknik konvensional yang sering digunakan untuk mengurangi pengaruh beban dinamik pada struktur adalah dengan menggunakan isolasi getaran. Akan tetapi unjuk kerja isolator getaran ini dalam mengurangi getaran struktur tidak terlalu efektif pada saat terjadi fenomena resonansi. Peredam dinamik merupakan suatu peredam yang biasa ditambahkan pada struktur untuk mengurangi getaran struktur pada saat terjadinya resonansi ini (Thomson, 1998; Den Hartog, 1985).

Teknik penggabungan peredam dinamik dan isolator getaran untuk mengurangi getaran struktur bangunan telah dilakukan secara teoretik pada penelitian sebelumnya (Son, et. al, 2011). Dari hasil simulasi yang diperoleh terlihat bahwa penggabungan kedua teknik ini cukup efektif mengurangi getaran pada

struktur bangunan.

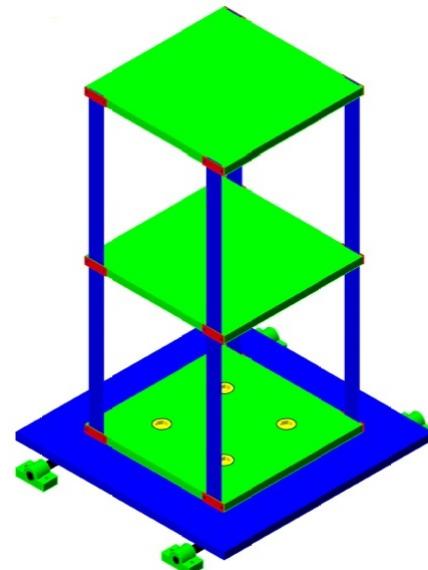
Pada penelitian ini akan dilakukan validasi hasil kaji teoretik yang telah dilakukan dengan eksperimen. Dalam hal ini, model eksperimen struktur bangunan dibangun oleh dua buah pelat baja berbentuk segiempat yang berfungsi sebagai lantai dari model struktur. Kedua pelat tersebut disambungkan dengan menggunakan empat buah batang yang diteruskan sampai ke lantai dasar seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Metodologi

Pada tahap awal dibuat model uji berbentuk struktur dua lantai (dan satu lantai dasar) yang dibangun oleh tiga pelat baja yang disambungkan dengan menggunakan batang yang terbuat dari pelat baja tipis, seperti terlihat pada Gambar 1. Harga parameter-parameter pada model struktur uji dapat dilihat pada Tabel 1. Pemasangan Isolator getaran dan peredam dinamik pasif bertujuan untuk mengurangi amplitudo respon sehingga momen yang terjadi seperti ditunjukkan pada Gambar 2 juga semakin kecil. Isolator getaran yang digunakan berbentuk gabus yang dipasang pada bagian bawah di empat sisi lantai dasar. Gabus diletakan diantara lantai dasar dan pelat slider, seperti terlihat pada Gambar 3. Sementara itu untuk peredam dinamik pasif digunakan jenis pendulum yang dipasangkan pada lantai 2, seperti terlihat pada Gambar 4b. Untuk pencuplikan data digunakan seperangkat alat ukur getaran standar seperti palu, ak selerometer dan DSA. Dalam perancangan model struktur uji, frekuensi pribadi terendah dari sistem dirancang sekitar 4 Hz agar getaran pada struktur dapat dilihat secara visual. Sebagian dari pengujian ini telah didokumentasikan melalui video.

Model struktur uji diganggu oleh suatu gaya dinamik pada landasannya dengan frekuensi yang mendekati frekuensi pribadi pertama dari struktur. Pada struktur bangunan tanpa peredam dinamik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2a, getaran akibat beban dinamik menyebabkan terjadinya momen dinamik yang sangat besar pada pondasi bangunan. Kondisi ini dapat merusak pondasi bangunan dan bahkan mampu merobohkan bangunan. Pada struktur bangunan yang menggunakan peredam dinamik

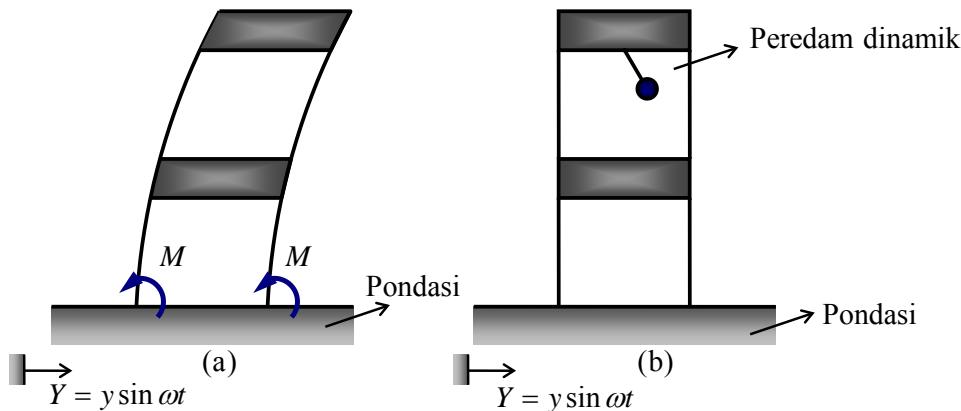
seperti terlihat pada Gambar 2b, g letaran pada landasan bangunan diteruskan ke peredam sehingga momen dinamik pada pondasi dapat dikurangi sehingga kerusakan yang terjadi pada pondasi bangunan dapat dihindari.



Gambar 1 Model eksperimen

Tabel 1 Parameter model struktur

Data	Satuan	Harga
Massa 1	Kg	3.029
Massa 2	Kg	3.035
Massa 3	Kg	3.031
Pegas 1	Tebal (m)	0.001
	Lebar(m)	0.020
Pegas 2	Tebal (m)	0.001
	Lebar(m)	0.020
Pegas 3	Tebal (m)	0.001
	Lebar(m)	0.020
Pegas 4	Tebal (m)	0.001
	Lebar(m)	0.020

**Gambar 2** Struktur tanpa dan dengan peredam dinamik

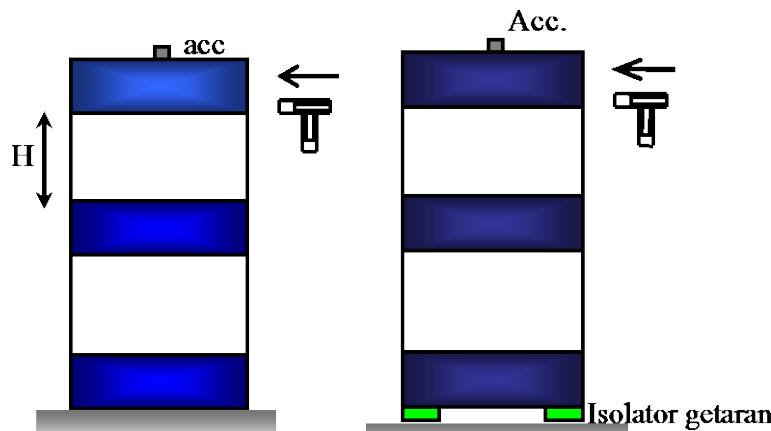
Pengujian dan Pembahasan

Berikut akan diuraikan pengujian dan pembahasan efektifitas isolator getaran dan peredam dinamik pasif.

Pengujian Efektifitas Isolator Getaran

Pengujian efektifitas isolator getaran diperlihatkan secara skematis pada Gambar 3. Dalam hal ini, struktur diberikan gangguan dengan beban kejut sedangkan respon struktur diukur menggunakan sensor accelerometer. Posisi gaya gangguan dan gaya kejut pada model struktur dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Tabel 2 diperlihatkan hasil pengukuran amplitudo respon frekuensi struktur pada beberapa frekuensi pribadi terendahnya. Perlu ditekankan disini bahwa modus getar pertama untuk struktur tanpa redaman, sebanding dengan modus getar kedua struktur dengan redaman. Pengukuran yang diperoleh pada Tabel 2 tersebut dilakukan untuk tiga variasi jarak antar lantai (H) yaitu 0.2 m, 0.19 m dan 0.18 m. Dari Tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa untuk struktur dengan isolator getaran, frekuensi pribadi

pertamanya menjadi sangat rendah sekali (pada tabel tidak ditampilkan). Hal ini disebabkan karena struktur seolah-olah menjadi sebuah benda kaku dan isolator berfungsi sebagai pegas yang sangat lunak. Sementara itu frekuensi pribadi kedua pada struktur dengan isolator getaran (f_2) mendekati frekuensi pribadi pertama pada struktur tanpa isolator getaran (f_1). Demikian juga dengan frekuensi pribadi ketiga (f_3) pada struktur dengan isolator getaran yang mendekati frekuensi pribadi kedua pada struktur tanpa isolator getaran (f_2). Hal yang cukup menarik untuk diperhatikan adalah menurunnya harga amplitudo FRF pada struktur dengan isolator getaran (A_1) dibandingkan dengan amplitudo FRF pada struktur tanpa isolator getaran. Penurunan ini juga terjadi untuk amplitudo FRF yang lainnya (A_2). Hal yang sama juga terjadi kalau diperhatikan untuk berbagai harga H yang berbeda. Dengan demikian sesuai dengan hasil yang diperlihatkan pada Tabel 2, penggunaan isolator getaran secara efektif dapat menurunkan tinggi puncak amplitudo respon frekuensi pada daerah frekuensi pribadinya.

**Gambar 3** Pengujian tanpa dan dengan isolator getaran

Tabel 2 Hasil eksperimen dengan isolator getaran

H (m)	Tanpa isolator getaran				Dengan isolator getaran			
	f_1 (hz)	A_1 (dB)	f_2 (Hz)	A_2 (dB)	f_2 (Hz)	A_1 (dB)	f_3 (Hz)	A_2 (dB)
0.2	2.5	-16.64	6.625	-13.3	2.125	-23.62	6.5	-10.2
0.19	2.625	-14.49	7.25	-10.05	2.25	-25.88	7.125	-13.56
0.18	2.875	-14.18	7.5	-11.15	2.5	-20.86	7.75	-7.076

Pengujian Efektifitas Peredam Dinamik Pasif

Pada pengujian efektifitas peredam dinamik ini struktur diganggu dengan menggunakan *exciter* pada landasannya. Gaya yang diberikan pada landasan tersebut berupa gaya sinusoidal dengan frekuensi yang dapat diatur pada power amplifier dengan variasi frekuensi antara 1 s/d 10 Hz. Sedangkan model uji struktur yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4. Semantara itu, peredam dinamik yang digunakan dalam penelitian ini adalah peredam dinamik dengan jenis pendulum yang digantungkan pada lantai atas dari struktur bangunan.

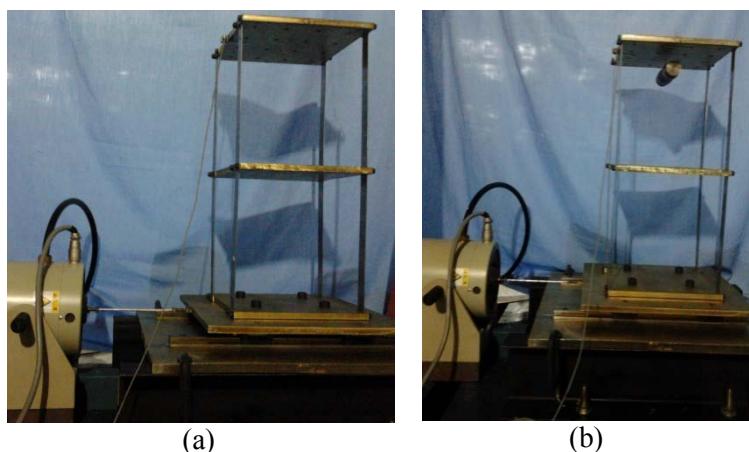
Untuk mengetahui efektifitas penggunaan peredam dinamik, maka pada struktur yang diuji dipasangkan peredam dinamik dan kemudian dicuplik respon percepatannya dan diplotkan dalam selang frekuensi. Kemudian respon percepatan ini dibandingkan dengan respon percepatan struktur tanpa peredam dinamik, seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Respon frekuensi yang didapatkan memperlihatkan terjadinya penurunan amplitudo pada frekuensi pribadi pertama. Kondisi ini dapat mengurangi momen bending dinamik pada pondasi struktur

bangunan. Pada grafik respon frekuensi ini belum tentu puncak frekuensi pribadi pertama dan keduanya seperti terlihat pada Gambar 5, karena selang pengambilan data frekuensi cukup besar yaitu 1 Hz.

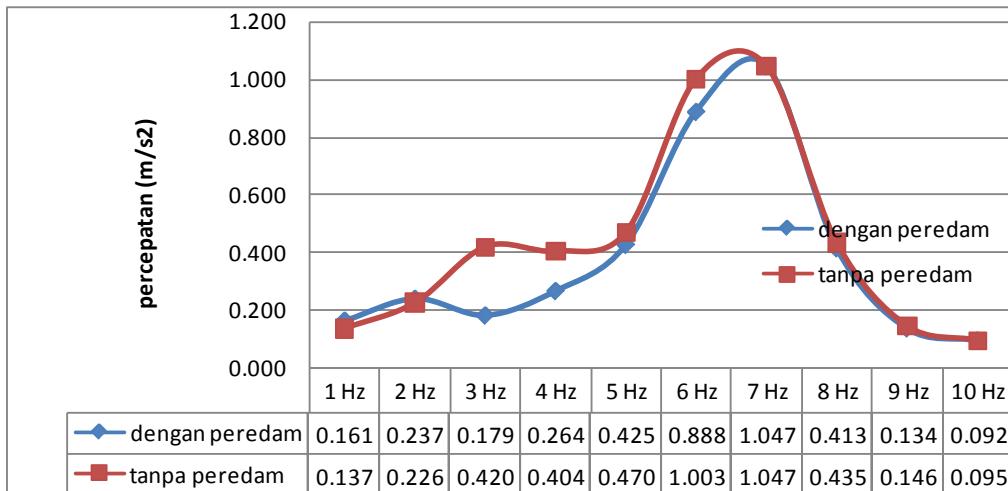
Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan, hal-hal sebagai berikut,

1. Penggunaan isolator getaran dapat mengakibatkan perubahan frekuensi pribadi pertama (menjadi lebih rendah) karena struktur yang didukung oleh isolator getaran menjadi benda kaku, sedangkan isolatornya berfungsi sebagai pegas yang cukup lunak.
2. Efektifitas dari penggunaan isolator getaran terlihat dari penurunan harga puncak dari respon frekuensi.
3. Penggunaan peredam dinamik yang berupa massa pendulum yang mendapat gangguan pada landasan dari model uji dapat menurunkan amplitudo respon sampai 50 %, terutama pada daerah frekuensi pribadi pertama.



Gambar 4 Model uji (a) Tanpa peredam dinamik dan (b) dengan peredam dinamik



Gambar 5 Perbandingan respon frekuensi yang terjadi antara penggunaan peredam dinamik dan tanpa peredam dinamik.

Daftar Pustaka

Beyer, K., Dazio, A. and Prietsky, M.J.N. (2011), *Shear Deformation of Slender Reinforced Concrete Walls under Seismic Loading*, ACI Structural Jurnal, Disc. 108-S17, p.167-169.

Den Hartog, J.P. (1985), *Mechanical Vibration*, Dover Publication, New York.

Son, L., Bur, M., Satria, E., and Rizfa, E.A. (2011), *Kaji Teoritik Efektifitas Peredam Getaran Hibrid Pada Struktur Bangunan*, Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 6, No. 2, pp. 185-189.

Thomson, W.T. (1998), *Theory of Vibration with Applications*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.