

“EFEKTIVITAS DARI TUNED MASS DAMPER (TMD) DALAM MENGURANGI EFEK DARI GEMPA BUMI PADA PENCAKAR LANGIT”

Kristania Gunawan¹, Kristina Gunawan²

Tjandrayani

E-mail: kristaniatwins@gmail.com¹, kristinatwins07@gmail.com²

INFORMASI ARTIKEL

Submitted : 2024-04-30
Review : 2024-05-11
Accepted : 2024-05-28
Published : 2024-07-31

KATA KUNCI

Tuned Mass Damper, Gempa Bumi, Gerak Harmonik Sederhana.

A B S T R A K

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Bencana alam tersebut dapat menyebabkan kerusakan yang amat besar pada bangunan sekitar. Seiring perkembangan Indonesia, semakin banyak munculnya pencakar langit sehingga diperlukannya sebuah solusi ekonomis yang dapat diandalkan untuk meringankan dampak dari gempa bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperluas serta memperdalam pengetahuan mengenai Tuned Mass Damper, terutama di Indonesia. Metode yang digunakan dalam penulisan penelitian ini didapatkan melalui sebuah eksperimen berencana dan bersistem. Eksperimen tersebut (1) meliputi pembangunan sebuah pemodelan pencakar langit setinggi 0,45 m dengan tuned mass damper yang diletakkan di bagian paling atas, (2) perekaman dari gempa bumi rekayasa yang dilakukan pada purwarupa tersebut untuk mendapatkan data kuantitatif mengenai jarak dan sudut perpindahan, (3) kalkulasi dari guncangan yang terjadi akibat gempa bumi rekayasa. Tuned Mass Damper merupakan sebuah sistem peredam struktur yang berfungsi untuk mengurangi guncangan bermodel Gerak Harmonik Sederhana sebuah pencakar langit. Hasil dari eksperimen tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sebuah model tuned mass damper dapat mengurangi jarak perpindahan sebuah purwarupa sebanyak 41% dan sebanyak 17% pada sudut perpindahan.

PENDAHULUAN

Sering terjadinya bencana alam di Indonesia dikarenakan keberadaan Indonesia di kawasan ‘Cincin Api’ pasifik. [2] Gempa bumi adalah salah satu bencana alam yang menyebabkan ribuan korban jiwa di Indonesia. Semakin banyak munculnya

gedung-gedung tinggi dan pencakar langit, semakin bahaya jika tidak ada solusi yang tepat untuk membantu menstabilkan bangunan saat terjadinya gempa bumi.

Saat terjadinya gempa, gedung-gedung tinggi dan pencakar langit akan mengalami pergoyangan. Pergoyangan tersebut dapat diklasifikasikan sebagai Gerakan Harmonik Sederhana dikarenakan gerakannya yang bolak-balik melalui garis edar menuju equilibrium yang sama pada periode waktu tertentu.

Sebab itu digunakannya Tuned mass damper, sebuah sistem peredam gempa yang dapat diletakkan pada berbagai lantai sebuah gedung. TMD pertama ditemukan oleh Herman Frahm pada tahun 1909 untuk membantu mengurangi gerakan bergulir yang dialami oleh perahu di lautan. Pada awal tahun 1970an, penemuan tersebut dikembangkan oleh Bill Robinson menjadi ‘lead-rubber bearing’, sebuah alat yang digunakan untuk mencegah kerusakan parah saat terjadinya gempa.

Salah satu penggunaan Tuned Mass Damper pada sebuah gedung adalah Taipei 101. Taipei 101 merupakan pencakar langit tertinggi di dunia setelah Burj Khalifa yang terletak di Taiwan, China. Pada dasarnya, Taipei 101 memiliki seratus satu lantai dengan tinggi lima ratus delapan meter di atas tanah, dan sembilan belas koma empat meter di bawah tanah.

Beradanya TMD di Taipei 101 diperlukan karena sering terjadinya gempa bumi dan [3] angin puting beliung dengan rata-rata dua puluh satu kali setiap tahunnya. Taipei 101 memiliki tiga buah Tuned Mass Damper, dan salah satunya merupakan TMD terbesar di dunia yang diletak pada lantai 88 sampai 92 taipei 101. TMD tersebut memiliki diameter enam meter dan terbuat dari bahan baja, dengan total berat 660 ton. Tiga TMD yang diletakkan pada taipei 101 dapat bekerja untuk menstabilisasi gedung saat terjadinya gempa bumi paling lama selama dua ribu lima ratus tahun kedepan.

Untuk mendapatkan observasi yang lebih dalam mengenai kegunaan Tuned Mass Damper pada taipei 101, kami membuat pemodelan miniature Taipei 101. Kami menggunakan sebuah pendulum bob dan benang sepanjang 0,15 m yang digantungkan dari bagian atas lantai ketiga. Pemodelan tersebut memiliki tinggi total 0,45 meter, dan terdiri dari tiga buah lantai, dimana setiap lantainya setinggi 0.15 m. Rata-rata dari hasil observasi perpindahan jarak dari garis equilibrium bangunan pemodelan dengan dan tanpa TMD tersebut setiap 0,1 detik menunjukkan bahwa TMD dapat mengurangi perpindahan jarak sampai sebesar 41%.

Pemodelan Taipei 101 ini memiliki dua kelemahan. Pertama, pegas yang digunakan pada bagian bawah tidak lurus. Kedua, pemodelan tersebut terdiri dari dua tipe Fettuccine yang berbeda (namun tidak ada efek pada pemodelannya).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metodologi penelitian murni eksperimental kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan efektivitasnya sebuah tunas mass damper dalam mengurangi perpindahan jarak sebuah pencakar langit pada saat terjadinya getaran yang kuat (seperti saat gempa bumi maupun angin puting beliung).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mencari konstanta pegas untuk menentukan kekuatan dari gempa bumi rekayasa Formula yang digunakan berupa Hukum Hooke yakni:

$$F = - K \cdot X$$

F = gaya pemulih (N)

K = konstanta pegas (N/m) X = ekstensi

“Efektivitas Dari Tuned Mass Damper (Tmd) Dalam Mengurangi Efek Dari Gempa Bumi Pada Pencakar Langit”.

Tanda (-) menunjukkan bahwa arah gaya pemulih berlawanan arah dengan arah gerak bangunan yang digoyangkan.

- a. Panjang asli (L1) = 0.073 m
- b. Panjang setelah ditambah beban

Beban (kg)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
F (N)	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45
L2(m)	0.096	0.145	0.199	0.23	0.28
X (cm)	0.023	0.072	0.126	0.157	0.2073

- c. Cari konstanta pegas untuk setiap L2 dan totalkan untuk mendapatkan jumlah rata-rata konstanta pegas.

$$K = 14.2 \text{ N/m}$$

B. Gerak Harmonik Sederhana

Gerak Harmonik sederhana bisa diartikan sebagai gerak bolak-balik benda melalui titik keseimbangannya yang dapat terjadi dikarenakan adanya Hukum Hooke.

Eksperimen ini bisa dibuktikan menggunakan Gerak Harmonik Sederhana melalui berikut: 1.1

$$F = M \cdot A$$

Dimana akselerasi dari Gerak Harmonik Sederhana adalah:

$$A = -\omega^2 \cdot X$$

Akselerasi dari Gerak harmonik sederhana bisa didapatkan melalui:

$$X = a \cdot \sin wt$$

(X = perpindahan jarak dan a = amplitude)

$$dx/dt = V$$

$$V = a \cdot w \cdot \cos wt$$

$$dv/dt = A$$

$$A = -a \cdot w^2 \cdot \sin wt$$

Menggunakan $X = a \cdot \sin wt$ bisa mendapatkan:

$$A = -\omega^2 X$$

Formula yang digunakan untuk mendapatkan formula konstanta pegas.

Menggunakan $A = -w^2 X$:

$$F = M (-\omega^2 \cdot X)$$

$$-K \cdot X = M(-\omega^2 \cdot X)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

Dan diketahui bahwa $\omega = \frac{2\pi}{T}$, bisa di substitusi:

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{k}{M}$$

Untuk mendapatkan konstanta pegas (K):

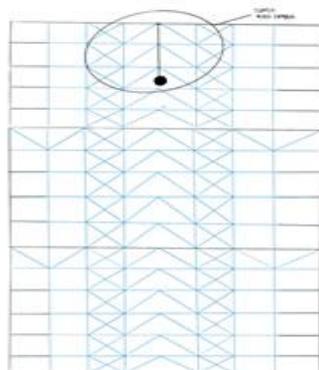
$$K = \frac{4\pi^2 M}{T^2}$$

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kuantitatif yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa penggunaan Tuned Mass Damper efektif dalam mengurangi jarak perpindahan suatu gedung tinggi pada saat terjadinya gempa bumi maupun angin puting beliung. Terbukti bahwa TMD mengurangi perpindahan jarak sebanyak 32,9%, dan jumlah perbedaan perpindahan jarak sebelum dan sesudah pemakaian TMD adalah sebanyak rata-rata 0,038 m.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sebuah gedung tinggi akan mengalami Getaran Harmonik Sederhana (SHM) pada saat bergoyang, karena melewati lintasan yang menuju titik yang sama setiap kalinya. Gerakan Harmonik sederhana juga dapat ditunjukkan dari

formula $A = -\omega^2 X$, dimana A adalah percepatan (ms^{-2}), ω adalah omega (rad/s) dan X yaitu jarak perpindahan (m). Tanda negatif pada formula tersebut mengindikasikan bahwa arah percepatan benda dalam SHM selalu menuju arah yang berlawanan daripada displacement.



“Efektivitas Dari Tuned Mass Damper (Tmd) Dalam Mengurangi Efek Dari Gempa Bumi Pada Pencakar Langit”.

TMD juga mengurangi amplitude (jarak maksimal) yang ditempuh oleh sebuah gedung tinggi pada saat mengalami getaran Harmonik Sederhana, namun tidak memberikan efek pada periode (waktu yang dibutuhkan untuk sekali getaran), sebab ini, TMD dapat mencegah runtuhnya pencakar langit dan gedung-gedung tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Klarreich, E. “Huygens’s Clocks Revisited,” *American Scientist* 90, July-August 2002.
data.pu.go.id. September 2019. Rentetan bencana sepanjang 2012 - 2019.
<https://data.pu.go.id/infografis/rentetan-bencana-sepanjang-tahun-2012-2019>
eecs.tufts.edu. Watching Galileo’s Learning
<https://www.eecs.tufts.edu/~cavicchi/publications/cavicchi-watching-galileo.pdf>
Helden, Al Van. 1995. Pendulum clock.
Hooke’s law theory : Eseceli, Romeo Huseyin Emre. (2019). Hooke's Law Experiment.
10.13140/RG.2.2.30449.63845.
<http://galileo.rice.edu/sci/instruments/pendulum.html>
Matthews, Michael & Gauld, Colin & Stinner, Arthur. (2004). The Pendulum: Its Place in
Science, Culture and Pedagogy. *Science & Education*. 13. 261-277.
10.1023/B:SCED.0000041867.60452.18.
Singh, Sanjay. 2020. Tuned mass damper - purpose| case study of Taipei TMD. *Civil
Engineering Web*. 18 April 2020.
worlddata.info. Typhoons in China. <https://www.worlddata.info/asia/china/typhoons.php>