Studi Eksperimental Pengaruh Radius Lintasan dan Massa Bola Terhadap Respon Getaran Model Bangunan Berperedam Bola

Naim Irfani[1], Ardi Noerpamoengkas[2], Ilham Bagus D.C.[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Mesin, Insitut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail: naimirfani9@gmail.com

ABSTRACT

The recent technology mostly uses Dynamic Vibration Absorber system in the vibration that can also be named oscillation force. However, excessive oscillation force can cause the system damage. Vibration actually can be reduced by adding DVA. Many researchers have developed dynamic absorber system for supporting the existing technology. This research employed a single-degree-of-freedom system by modeling the building in one story and getting initial excitation force so as to know the response of vibration characteristics. Thus, this experimental study aimed at investigating the effects of trajectory radius, ball mass, and natural frequency of the one-story building as the main mass within the condition of Dynamic Vibration Absorber. Furthermore, it also investigated the dynamic response of rolling ball getting additional mass by varying trajectory radii 10 cm, 15 cm, 20 cm installed in the one-story building and the ball masses of marble 20 grams, wood 9 grams, and rubber 11 grams that were placed in each trajectory radius. They were moved using pneumatic system with accelerometer to notice the steady amplitude response. The results of research demonstrated that trajectory radius 10 cm got maximum transient response 0.96 G and steady amplitude response 0.87 G, trajectory radius 15 cm gained maximum transient response 0.60 G and steady amplitude response 0.83, and trajectory radius 20 cm obtained the maximum transient response 0.24 G and steady amplitude response 0.80 G. Meanwhile, the ball mass 9 grams (wood) got maximum transient response 0.67 G and steady amplitude response 0.87 G, the ball mass 11 grams (rubber) gained maximum transient response 0.60 G and steady amplitude response 0.83 G, and ball mass 20 grams (marble) obtained maximum transient response 0.53 G and steady amplitude response 0.67 G. In conclusion, the bigger the ball mass and trajectory radius were given, the lower the maximum transient response and steady amplitude response became.

Kata kunci: *DVA, one-story building, rolling ball.*

ABSTRAK

Teknologi jaman sekarang banyak menggunakan sistem peredam dinamik pada getaran, getaran bisa disebut juga sebagai gaya osilasi, namun gaya osilasi yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem. Getaran dapat direduksi dengan menambahkan DVA. Banyak peneliti yang mengembangkan sistem peredam dinamik guna mendorong teknologi yang ada saat ini. Dalam penelitian yang berupa sistem getaran satu derajat kebebasan. Bangunan di modelkan secara satu tingkat dan dilakukan gaya eksitasi awal untuk mengetahui respon karakteristik getaran. Penelitian berupa studi eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh radius lintasan dan massa bola dan frekuensi natural dari massa utama berupa bangunan satu tingkat pada kondisi *dynamic vibration absorber* dan mengetahui respon dinamis pada bola menggelinding jika diberikan massa tambahan yaitu dengan variasi radius lintasan 10 cm, 15 cm, 20 cm yang terpasang pada bangunan 1 tingkat dan massa bola kelereng 20 gram, kayu 9 gram dan karet 11 gram yang diletakkan dalam masing – masing radius lintasan tersebut, digerakkan menggunakan sistem pneumatic dengan alat accelerometer untuk mengetahui amplitude respon tunak. Dengan hasil penelitian yang menunjukkan radius lintasan 10 cm mendapatkan respon peralihan maksimal 0.96 G dan amplitudo respon tunak 0.87 G, untuk radius lintasan 15 cm mendapatkan respon peralihan maksimal 0.60 G dan amplitudo respon tunak 0.83, dan radius lintasan 20 cm mendapatkan respon peralihan maksimal 0.24 G dan amplitudo respon tunak 0.80 G, sedangkan untuk massa bola 9 gram (kayu) mendapatkan respon peralihan maksimal 0.67 G dan amplitudo respon tunak 0.87 G, untuk massa bola 11 gram (karet) mendapatakan respon peralihan maksimal 0.60 G dan amplitudo respon tunak 0.83 G dan massa bola 20 gram (kelereng) mendapatkan respon peralihan maksimal 0.53 G dan amplitudo respon tunak 0.67 G. Dari studi eksperimen ini penulis mengetahui bahwa massa bola yang semakin besar dan radius lintasan bola semakin besar menyebabkan respon peralihan maksimal dan amplitude respon tunak semakin kecil.

Kata kunci: DVA, bangunan 1 tingkat, bola menggelinding.

PENDAHULUAN

Karakteristik peredam silinder bergulir yang disetel dalam sistem bergetar horizontal di bawah eksitasi sinusoidal, kinerja redaman dipengaruhi oleh banyak parameter, beberapa silinder digunakan sebagai badan putar untuk memudahkan memahami mekanisme redaman. Dalam pendekatan ekperimental efek dari ukuran benda putar, jumlah benda putar yang digunakan dalam kombinasi dan amplitude eksitasi eksternal pada kinerja redaman diselidiki. Model analitis berdasarkan metode elemen diskrit dibangun [1]**.**

Absorber berupa boks panjang dengan bola pada bagian dalamnya pernah di uji oleh pirner dalam jurnalnya yang di tujuannya sebagai penyerap getaran dinamis sebuah jembatan.[2]

Pada penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui pengaruh radius lintasan dan massa bola terhadap respon peralihan maksimal serta amplitudo respon tunak pada model bangunan satu tingkat dengan variasi radius lintasan dan massa bola.

TINJAUAN PUSTAKA

Gagasan penyerap getaran dinamis yang diatur saat bola bergulir muncul untuk pertama kalinya di Republik Ceko [2]**.** penyerapan getaran bola menggunakan piringan tanpa dan dengan lapisan karet telah menunjukkan bagaimana peredam benar – benar beroperasi. Bahwa penyerapan bola adalah perangkat sederhana yang tidak memerlukan perawatan seperi fasilitas redaman jenis lainnya. respon amplitude massa A pada setiap frekuensi ω (omega) dan tipe rumah bola secara praktis dapat dikatakan konstan, semakin tinggi frekuensi ω semakin tinggi pula respon kecepatan massa [3].

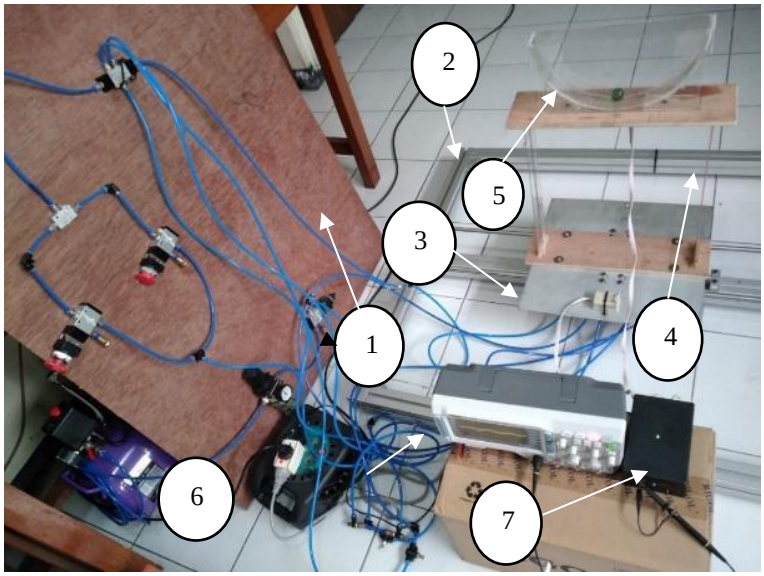
Performa dari redaman silinder pengatur yang disetel diselidiki secara eksperimental, bahwa respon peredam silinder bergulir lebih banyak menggunakan bodi putar tunggal dengan sistem putaran yang sama dengan dua tingkat kebebasan. Menunjukkan bahwa gaya gesek antar benda mempengaruhi rasio amplitude maksimum pada sistem primer untuk rasio massa yang sama dan kombinasi badan putar dengan jari- jari yang berbeda tidak mempengaruhi hubungan antara rasio amplitude sistem primer dan rasio frekuensi untuk rasio massa yang sama [1]. Keuntungan menggunakan tune mass damped ini design yang sederhana, sistem dapat disesusaikan, sistem utama hanya diperlukan untuk memliki permukaan datar kecil di mana massa teredam dapat diatur, ukuran permukaan datar dihasilkan dari defleksi maksimal [4]. Persamaan gerak bola diturunkan menggunakan fungsi akselerasi *Appell Gibbs*, sistem yang dihasilkan memiliki karakter auto-parametrik dengan solusi stablesemi-trivial (planar) yang dominan [5]. Persamaan gerak bola diturunkan menggunakan fungsi akselerasi *Appell Gibbs*, sistem yang dihasilkan memiliki karakter auto-parametrik dengan solusi stablesemi-trivial (planar) yang dominan [6].

Model mekanis peredam partikel dengan pertimbangan efek gesekan ditetapkan. Proses getaran partikel dan struktur dibagi menjadi beberapa proses non-tabrakan dan proses tabrakan sedemikian rupa sehingga solusi analitis dari sejarah waktu perpindahan dari rangka baja satu lantai dengan peredam partikel di bawah eksitasi harmonik diperoleh [7]. Peredam bola bergulir yang disetel adalah peredam 2 dimensi dan dapat bekerja di semua arah horizontal dengan cara yang sama, secara efektive dapat meningkatkan kapasitas redaman model uji dan menekan getaran yang diinduksi menara turbin angin, peredam dengan beberapa bola dalam wadah satu lapisan memliki efektivitas control yang lebih baik dari pada satu bola saja [8]. BVA secara efektif dalam perpindahan atas, akselerasi atas, tegangan platform, dan tegangan bawah menara turbin angina baik di bawah setara gelombang angina beban dan gerakan tanah pengurangan respon bervariasi 15% - 53% tetapi perangkat redaman dapat menghambat kinerja yang lebih baik ketika struktur dikenakan beban setara gelombang angin [9]. Karakteristik getaran biasanya ditunjukkan sebagai persamaan perpindahan, bukan persamaan kecepatan ataupun persamaan percepatan dari massa (m). Gaya pegas terjadi hanya jika terdapat defleksi relatif antara kedua ujung-ujungnya. Menurut hukum Hooke's besarnya gaya pegas sebanding dengan defleksi relatif tersebut. Konstanta kesebandingannya disebut konstanta

pegas (k) dan dinyatakan dalam satuan gaya per satuan panjang. Untuk peredam viscous besarnya gaya redaman sebanding dengan kecepatan dan faktor kesebandingan disebut koefisien redaman [10].

METODE

Rangkain alat yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema alat uji dan spesimen uji keseluruhan

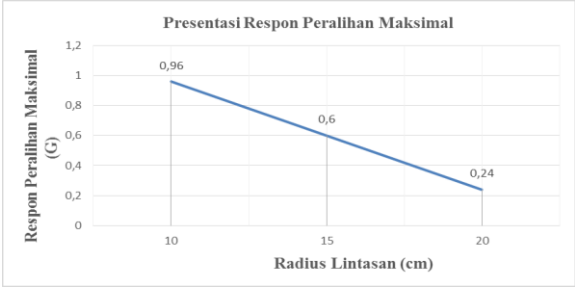
Bagian pada nomor 1 adalah pengatur *exciter*, pengganggu, atau penggetar. Nomor 2 adalah rangka *exciter*. Nomor 3 adalah *exciter*. Nomor 4 adalah model bangunan 1 tingkat. Nomor 5 adalah spesimen uji dengan variasi radius lintasan dan massa bola. Nomor 6 adalah *osciloscope*. Nomor 7 adalah modul akselerometer.

Pada penelitian ini menggunakan bola yang berbeda-beda dan radius lintasannya bertujuan untuk mendapatkan massa bola bola yang berbeda. Bahan dari bola itu ada kaca, karet, dan kayu dengan variasi ukuran kaca (20 gram), karet (11 gram), dan kayu (9 gram) dengan radius lintasan 15 cm. Massa penyangga dan lintasan bola sebesar 552 gram. Radius lintasan dengan variasi 10 cm, 15 cm, dan 20 cm dengan bola karet. Pengganggu menggunakan sistem tenaga pneumatik dengan frekuensi eksitasi 1.4 Hz dan amplitudo 5 cm.

Dalam pengambilan data, digunakan alat pneumatik sebagai penggerak dari spesimennya dan sebagai pengatur kecepatan gerak agar bisa mencari frekuensi natural berdasarkan kecepatan geraknya. Getaran pada bola dapat diambil datanya dengan menggunakan alat berupa *accelerometer* tipe GY-61 ADXL335. Akselerometer tersebut juga digunakan oleh Ardi pada studi eksperimentalnya tentang getaran batang kantilever [11]. Kemudian untuk mencari nilai frekuensi naturalnya menggunakan *osciloscope* dan *accelerometer* yang terpasang pada bangunan, selanjutnya dilakukan pemberian gaya eksitasi pada spesimen. Nilai frekuensi natural tersebut akan digunakan sebagai pedoman untuk pengambilan data selanjutnya.

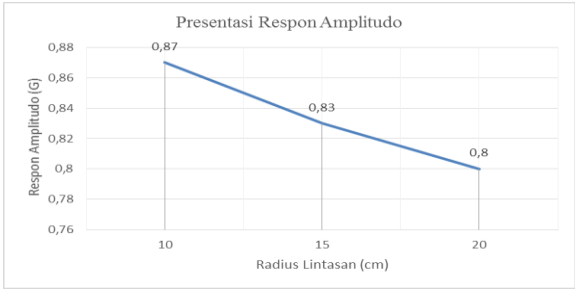
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen dari turunnya presentasi penurunan respon akibat pengaruh radius lintasan. Pada radius lintsan 10 cm terjadi peningkatan respon peralihan maksimal sebesar 0.96 G, pada radius lintasan 15 cm terjadi penurunan respon peralihan maksimal sebesar 0.60 G, pada radius lintasan 20 cm terjadi penurunan respon peralihan maksimal sebesar 0.24 G. dari eksperimen yang dilakukan, terlihat pada grafik bahwa radius lintasan berpengaruh terhadap respon peralihan maksimal. Gambar grafik penurunan respon peralihan maksimal dapat dilihat pada gambar 3.



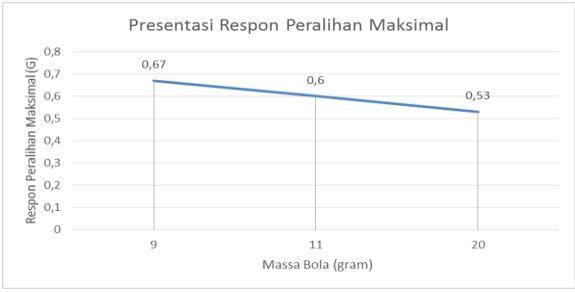
Gambar 2. Grafik respon peralihan maksimal pengaruh radius lintasan

Hasil eksperimen dari turunnya presentasi amplitude respon tunak akibat pengaruh radius lintasan pada grafik untuk radius lintasan 10 cm, 15 cm, 20 cm, dengan nilai terendah 0.80 G dan nilai maksimal 0.87 G, bahwa radius lintasan berpengaruh terhadap besarnya amplitude respon tunak, dimana semakin besar radius lintasan maka semakin kecil nilai amplitude respon tunak.



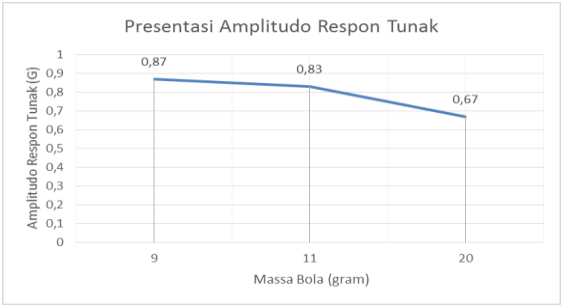
Gambar 3. Grafik respon amplitudo pengaruh radius lintasan

Hasil eksperimen dari turunnya presentasi amplitude respon tunak akibat pengaruh radius lintasan pada grafik untuk radius lintasan 10 cm, 15 cm, 20 cm, dengan nilai minimal 0.87 G dan nilai maksimalnya 0.80 G, bahwa radius lintasan berpengaruh terhadap besarnya amplitude respon tunak, dimana semakin besar radius lintasan maka semakin kecil nilai amplitude respon tunak.



Gambar 4. Presentasi penurunan massa bola terhadap respon peralihan maksimal

Hasil eksperimen dari menurunnya presentasi respon peralihan maksimal terhadap massa bola, pada massa bola 9 gram (kayu), massa bola 11 gram (karet), massa bola 20 gram (kelerang) dengan bilai presentasi yang dihasilkan dengan respon terendah 0.53 G dan respon maksimal 0.67 G, dari ekspermen yang dilakukan, terlihat pada grafik bahwa massa bola berpengaruh terhadap respon perlaihan maksimal, dimana akan berpengaruh pula terhadap massa utama dikarenakan massa bola adalah sebagai peredam getaran dinamis dari massa utama.



Gambar 5. presentasi penurunan massa bola terhadap amplitude respon tunak

Hasil eksperimen dari penurunan amplitude respon tunak akibat pengaruh massa bola, pada grafik tersebut untuk massa bola 9 gram (kayu), 11 gram (karet), 20 gram (kaca) dengan nilai presentasi respon yang dihasilkan dengan respon terendah 0.67 G dan respon maksimal 0.87 G, terlihat bahwa massa bola berpengaruh besar terhadap penurunan amplitude respon tunak, dimana semakin besar massa bola maka semakin menurunnya amplitude respon tunak.

KESIMPULAN

Pengaruh radius lintasan terhadap respon peralihan maksimal adalah radius lintasan yang semakin besar menyebabkan semakin kecil respon peralihan maksimal dengan hasil terkecil pada radius lintasan 20 cm dengan respon peralihan 0.24 G serta pengaruh radius lintasan terhadap amplitude respon tunak adalah radius lintasan semakin besar menyebabkan amplitude respon tunak semakin kecil dengan hasil terkecil pada radius lintasan 20 cm dengan amplitude respon tunak 0.80 G. Pengaruh massa bola terhadap respon peralihan maksimal adalah semakin besar massa bola maka respon peralihan maksimalnya semakin kecil dengan hasil terkecil pada massa bola 20 gram dengan respon peralihan maksimal 0.53 G serta pengaruh massa bola terhadap amplitude respon tunak maka semakin besar massa bola menyebabkan amplitude respon tunak semakin kecil dengan hasil terkecil pada massa bola 20 gram dengan amplitude respon tunak 0.67 G.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Tsuda and M. Saeki, “Efficiency of vibrational energy dissipation by tuned rolling-cylinder dampers,” *J. Sound Vib.*, vol. 463, p. 114977, 2019, doi: 10.1016/j.jsv.2019.114977.

[2] M. Pirner, “Actual behaviour of a ball vibration absorber,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 90, no. 8, pp. 987–1005, 2002, doi: 10.1016/S0167-6105(02)00215-5.

[3] B. Bontong, H. Mallisa, and T. S. Sollu, “Karakteristik Dinamik Bola Baja Sebagai Material Isolasi Seismik,” *J. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 1, p. 39, 2010, doi: 10.5614/jts.2010.17.1.4.

[4] M. Bransch, “Unbalanced oil filled sphere as rolling pendulum on a flat surface to damp horizontal structural vibrations,” *J. Sound Vib.*, vol. 368, pp. 22–35, 2016, doi: 10.1016/j.jsv.2016.01.006.

[5] J. Náprstek and C. Fischer, “Non-holonomic dynamics of a ball moving inside a spherical

cavity," *Procedia Eng.*, vol. 199, pp. 613–618, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.09.105.

[6] Y. Wei-ming, W. Bao-shun, and H. Hao-xiang, "Research of mechanical model of particle damper with friction effect and its experimental verification," *J. Sound Vib.*, vol. 460, p. 114898, 2019, doi: 10.1016/j.jsv.2019.114898.

[7] E. Matta, "Ball vibration absorbers with radially-increasing rolling friction," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 132, pp. 353–379, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.ymssp.2019.06.033.

[8] J. Chen and C. T. Georgakis, "Tuned rolling-ball dampers for vibration control in wind turbines," *J. Sound Vib.*, vol. 332, no. 21, pp. 5271–5282, 2013, doi: 10.1016/j.jsv.2013.05.019.

[9] J. Li, Z. Zhang, and J. Chen, "Experimental Study on Vibration Control of Offshore Wind Turbines Using a Ball Vibration Absorber," *Energy Power Eng.*, vol. 04, no. 03, pp. 153–157, 2012, doi: 10.4236/epe.2012.43021.

[10] J. Dewanto, D. F. Teknik, J. Teknik, M. Universitas, and K. Petra, "Kajian Teoritik Sistem Peredam Getaran Satu Derajat Kebebasan," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 156–162, 1999, doi: 10.9744/jtm.1.2.pp.156-162.

[11] A. Noerpamoengkas, M. Ulum, and N. Mahfoudz, "Studi Eksperimental Pengaruh Posisi dan Kedalaman Takikan U Terhadap Frekuensi Natural dan Respon Getaran pada Batang Kantilever Menggantungapan," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2019, pp. 367–372.