

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Meja Getar dengan Sistem Tiga Penggerak Pneumatik untuk Skala Laboratorium

Dedi Suryadi ^a, Hade Syamitra ^a, Ahmad Fauzan ^a, Novalio Daratha ^b, Indra Agustian ^b^aTeknik Mesin Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman Bengkulu, 3837, Indonesia^bTeknik Elektro Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman Bengkulu, 3837, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 11 Januari 2021

Revisi Akhir: 6 April 2021

Diterbitkan Online: 28 April 2021

KATA KUNCI

Shaking table

Pneumatic

PLC

Vibration response

KORESPONDENSI

E-mail: dedi_suryadi@unib.ac.id

A B S T R A C T

This study aims to develop a laboratory scale shaking table that can simulate vibrations level by using PLC as controller. Mechanism of the shaking table consists of cylinder pneumatic drive system, where the movement comes from 3 of pneumatic cylinders connected to the solenoid valve later controlled using PLC OMRON CP1L. Therefore, it can produce vertical and horizontal translational movements. Dynamic response can be obtained by varying frequency of 1 Hz, 2 Hz, 3 Hz, 4 Hz, and 5 Hz. Moreover, loads are also varied by 1kg, 2kg and no load. The results of this study indicate that the shaking table is successfully developed that can perform 2 types of translational movements in the vertical and horizontal direction that operate at a frequency of 1 Hz to 5 Hz with maximum load of 2 kg. Amplitude of shaking table increases by decreasing frequency input and loading value. Also, amplitude increases by decreasing value of the valve openings.

1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang sering terjadi gempa bumi, kondisi ini terjadi karena negara Indonesia berada pada area sekeliling gunung api (*ring of fire*) yang mana merupakan garis bergesernya antara dua lempeng tektonik dan lebih. Khusus untuk pulau Sumatra, mulai dari patahan semangka sepanjang pulau Sumatera dan di Samudra Hindia terdapat patahan raksasa yang bergerak saling menjauh kurang lebih 4 cm per tahun, yang mana sebagian besar gempa besar di Sumatera disebabkan oleh pergeseran tanah (gempa tektonik) [1]. Berdasarkan katalog gempa bumi signifikan dan merusak dari BMKG tahun 2010 – 2018, gempa yang dirasakan di wilayah Bengkulu memiliki magnitudo antara 5,5 SR - 7,2 SR pada kedalaman kurang dari 60 km [2] yang

mengakibatkan kerusakan bangunan secara signifikan.

Gempa dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan, berupa kerusakan ringan, sedang atau berat. Kerusakan ringan adalah rusaknya bagian-bagian bangunan yang bersifat non struktural, seperti dinding. Kerusakan sedang adalah rusaknya bagian konstruksi struktural, tetapi dalam taraf masih bisa dimanfaatkan dengan perbaikan cukup berat. Sedangkan kerusakan berat adalah apabila kerusakan tidak dapat diperbaiki, artinya bangunan sudah tidak dapat digunakan sama sekali [1]. Oleh karena itu banyak peneliti yang membahas metode untuk mengurangi kerusakan Gedung akibat gempa bumi [3,4,5]. Untuk menunjang penelitian tersebut dibutuhkan alat yang dapat merepresentasikan gempa untuk mengamati respon struktur terhadap

pengaruh gempa tersebut, pada saat ini banyak dilakukan rancang bangun alat yang dapat merepresentasikan gempa bumi.

Penelitian rancang bangun meja getar dengan sistem silinder *crank* yang hanya menghasilkan gerak translasi yang bertujuan untuk mengetahui respon dinamis dari alat uji [6]. Penelitian meja getar menggunakan pegas besi dan mesin bor yang bertujuan menghasilkan getaran untuk mengidentifikasi jumlah getaran, akselerasi dan frekuensi dari bangunan skala kecil [7]. Penelitian meja getar dengan tiga arah orthogonal menggunakan alat penggerak motor untuk mensimulasikan gelombang seismik yang disesuaikan dengan *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang memungkinkan Gerakan di kalibrasikan dengan magnitudo gempa bumi [8].

Penelitian tentang pengoptimalan meja getar 1 DOF menggunakan pneumatik yang bertujuan untuk menganalisis dan merancang struktur dibawah peristiwa seismik telah dibahas oleh peneliti sebelumnya [9, 10]. Akan tetapi penelitian tersebut masih banyak hal yang harus dikembangkan, penelitian sebelumnya cenderung menggunakan alat penggerak motor yang memiliki kelemahan yaitu besarnya amplitudo dipengaruhi oleh dimensi engkol. Pada penelitian ini akan dirancang meja getar tiga arah dengan menggunakan alat penggerak pneumatik silinder dengan memvariasikan waktu bukaan katup *solenoid* 5/3 untuk menghasilkan gerakan yang merepresentasikan gelombang seismik dengan memvariasikan frekuensi pada alat uji meja getar dan kemudian menghasilkan amplitudo.

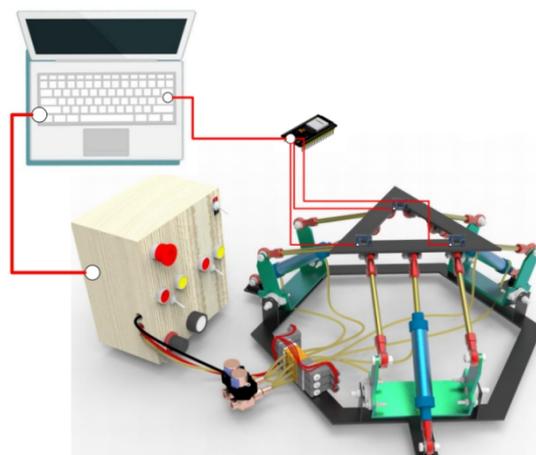
2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat meja getar sebagai simulator gempa skala laboratorium. Parameter akan dikaji untuk mengetahui pengaruh variasi frekuensi, bukaan katup *exhaust* pneumatik dan pembebanan terhadap nilai amplitudo yang dihasilkan meja getar. Dalam proses analisis dilakukan beberapa Langkah yang meliputi perancangan sistem mekanik, perancangan

sistem kontrol dan perancangan model sensor kecepatan.

2.1. Model Meja Getar Skala Laboratorium

Perancangan meja getar dibagi menjadi beberapa bagian yaitu desain meja, perancangan sistem kontroler, perancangan alat ukur dan perancangan program sistem. Meja getar terdiri dari 3 buah penggerak pneumatik yang terhubung dengan *solenoid valve* sebagai aktuator penggerak. *Exhaust port* pada *solenoid valve* dihubungkan dengan *flow control* yang kemudian digabungkan dengan motor *stepper* agar bisa diatur putarannya menggunakan PLC. *Solenoid valve* juga terhubung secara elektrik ke PLC yang kemudian diproses menggunakan laptop, setelah itu didapatkan respon getaran yang dihasilkan oleh alat ukur yang dikirimkan ke laptop. Hasil rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 1.



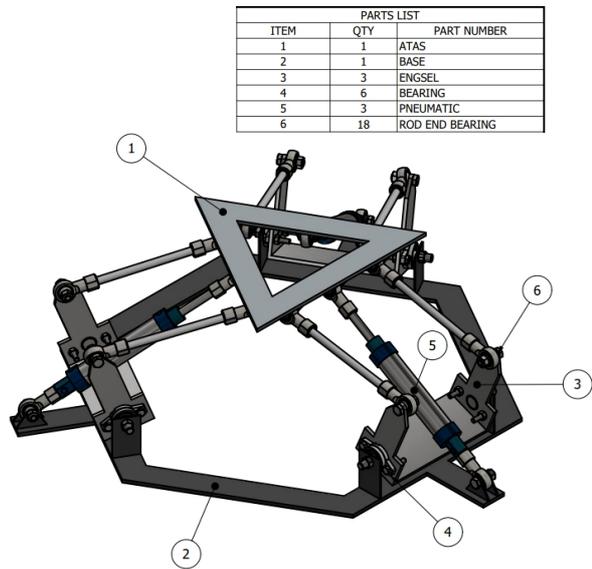
Gambar 1. Konsep perancangan meja getar

2.2. Desain Mekanik Meja Getar

Berdasarkan data gempa bumi yang diplot dari USGS, gempa bumi yang sering terjadi di Bengkulu tahun 2013-2020 adalah jenis mb (*short-period body wave*) sebanyak 144 kali dari 199 gempa pada kedalaman di bawah 60 km dengan nilai magnitudo terbesar yaitu 5,4 dan kedalaman terendah 9,76km. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk merancang meja getar

Konstruksi meja getar menggunakan bahan plat besi dengan ketebalan 3 mm sebagai *base* dan bagian atas meja serta penghubung juga menggunakan material yang sama. Setiap

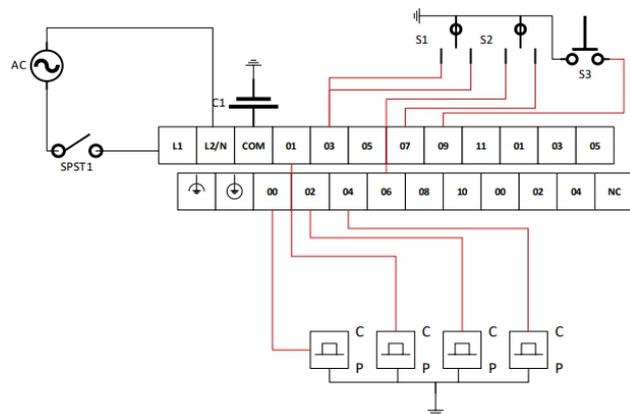
pneumatik silinder dihubung dengan *rod end bearing*. Perancangan system mekanik meja getaran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain meja getar

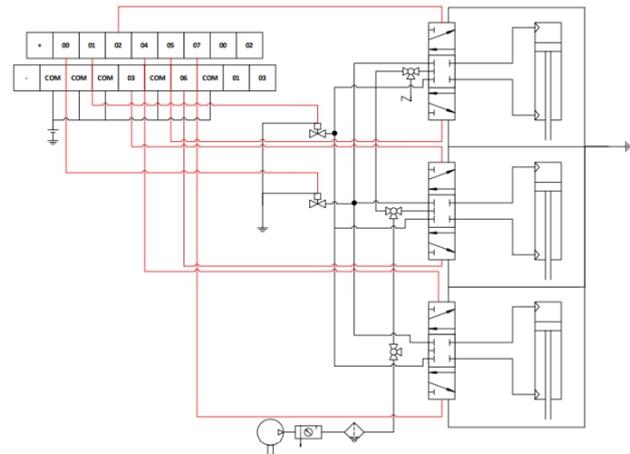
2.3. Controller

Meja getar ini dikontrol menggunakan PLC OMRON CP1L yang telah diprogram untuk menggerakkan pneumatik sesuai dengan frekuensi yang dimasukkan. Kombinasi pneumatik menghasilkan gerakan vertikal dan horizontal. Pemilihan gerakan dilakukan dengan menggunakan tombol, nilai frekuensi diinputkan dalam program yang dapat diubah-ubah, sedangkan bukaan katup *exhaust* pada pneumatik dapat diatur menggunakan tombol buka dan tutup. Wiring diagram input secara rinci dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Wiring diagram input

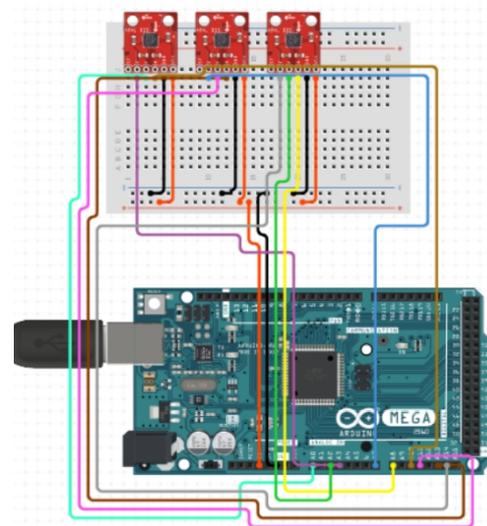
Gerakan pneumatik dihasilkan dari kombinasi pengaturan *solenoid valve* pada setiap pneumatik. Kemudian katup *exhaust* dihubungkan dengan *flow control* dan diputar menggunakan motor *stepper* yang diatur dalam PLC berdasarkan nilai *step* atau langkah pada motor *stepper*, nilai putaran disimpan dalam memori PLC. Diagram output disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Wiring and route diagram output

2.4. Perancangan Alat Ukur Percepatan

Proses pengujian pengukuran respons getaran ini menggunakan bantuan 3 buah sensor accelerometer ADXL335, diletakkan pada bagian atas meja getar yang akan merekam perubahan percepatan pada meja getar pada sumbu X, Y, dan Z. Wiring diagram dari perancangan alat ukur ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Wiring diagram alat ukur percepatan

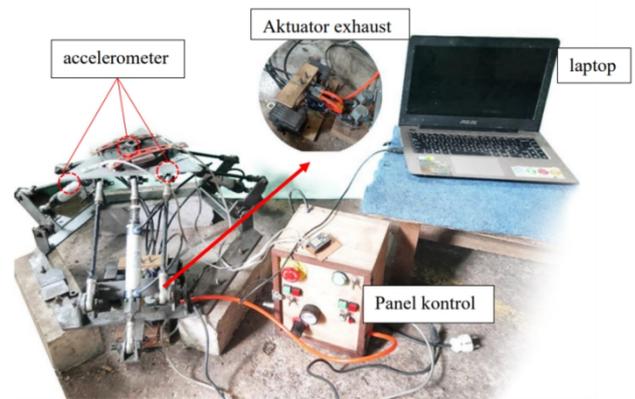
2.5. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang perlu dipersiapkan dan diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Seluruh komponen dipersiapkan, dan dipastikan semua sistem selang udara sudah terhubung dengan baik.
2. Sumber suplai udara (*compressor*) disiapkan, kemudian dihubungkan ke port pada *solenoid valve*.
3. PLC dan laptop dinyalakan dan kemudian hubungkan PLC dan laptop.
4. Aplikasi CX-One dibuka, kemudian melakukan *direct online*.
5. Aplikasi arduino dibuka, kemudian menjalankan serial monitor.
6. Melakukan *online editor* pada *memory*, untuk memasukkan nilai frekuensi yang akan di variasikan.
7. Memilih gerakan dengan mengubah *switch button* pada panel kontrol.
8. Mengatur bukaan katup pada *port exhaust* dengan menekan tombol buka atau tutup pada panel *control* sesuai dengan variasi yang ditentukan.
9. Menekan tombol on pada PLC untuk memulai gerakan getaran yang kemudian secara langsung respon getaran tersebut baca oleh sensor.
10. Simpan data yang tercatat pada serial monitor.

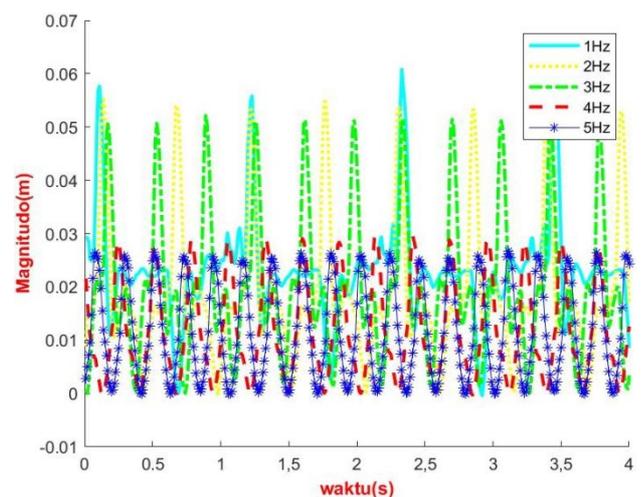
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah dibuat meja getar sebagai alat simulator gempa bumi yang dikontrol menggunakan PLC OMRON CP1L dan menggunakan 3 buah silinder pneumatik sebagai penggerak. Pada penelitian ini frekuensi divariasikan mulai dari 1Hz, 2Hz, 3Hz, 4Hz, dan 5Hz. Variasi bukaan katup exhaust mulai dari 300, 500, 700, 900, 1100, dan 1300 step pada motor stepper. Variasi pembebanan mulai dari tanpa beban, beban 1 kg, dan beban 2 kg yang kemudian dilakukan pada 2 jenis gerakan yaitu vertikal dan horizontal. Hasil pembuatan alat dapat dilihat pada Gambar 6.

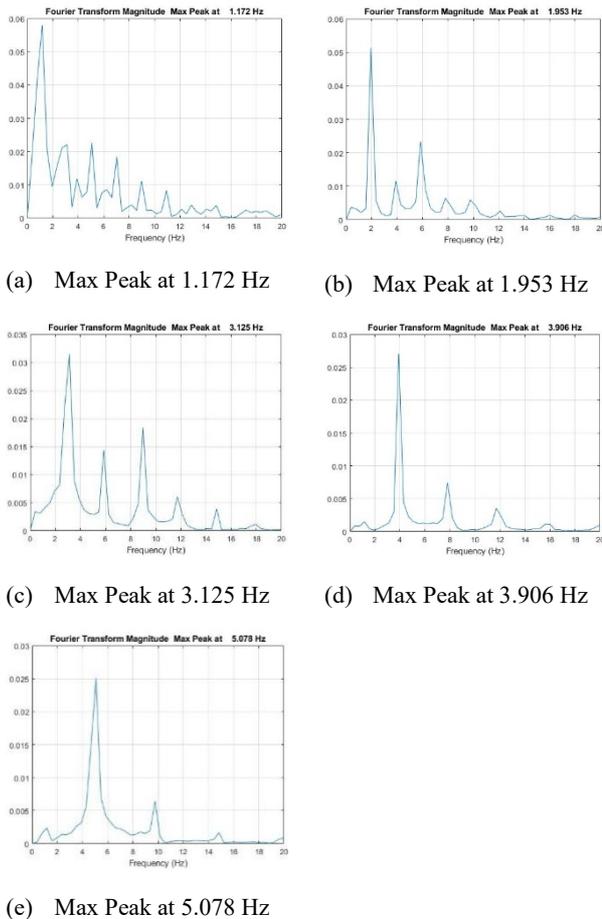


Gambar 6. Meja Getar skala laboratorium

Gambar 7 menunjukkan hasil perbandingan nilai amplitudo terhadap waktu pada setiap variasi frekuensi yang dilakukan dengan bukaan katup 1300 steps tanpa pembebanan. Dari gambar dapat dilihat bahwa pada frekuensi 1 Hz nilai amplitudo yang dihasilkan tidak begitu stabil. Namun saat frekuensi dinaikkan, nilai amplitudo yang dihasilkan meja getar mengalami kenaikan kesetabilan. Namun saat frekuensi dinaikkan, nilai amplitudo yang dihasilkan meja getar mengalami penurunan yang signifikan pada frekuensi 4 Hz dan 5 Hz. Nilai amplitudo pada frekuensi 1 Hz, 2 Hz, 3 Hz, 4 Hz, dan 5 Hz berturut-turut yaitu 0.0574 m, 0.0533 m, 0.0345 m, 0.027 m, 0.0252 m.



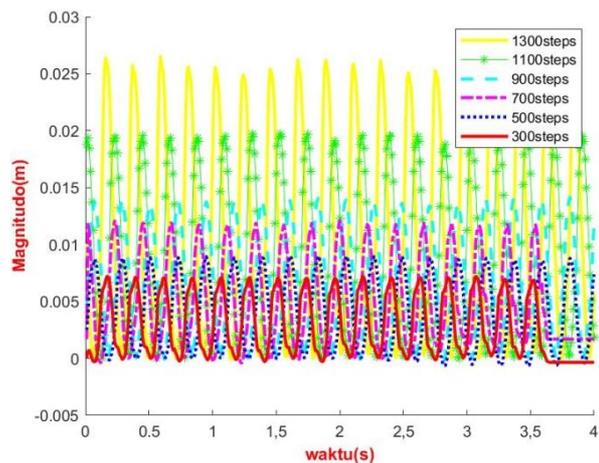
Gambar 7. Perbandingan Amplitudo Berdasarkan variasi Frekuensi



Gambar 8. Fourier Transform Magnitude

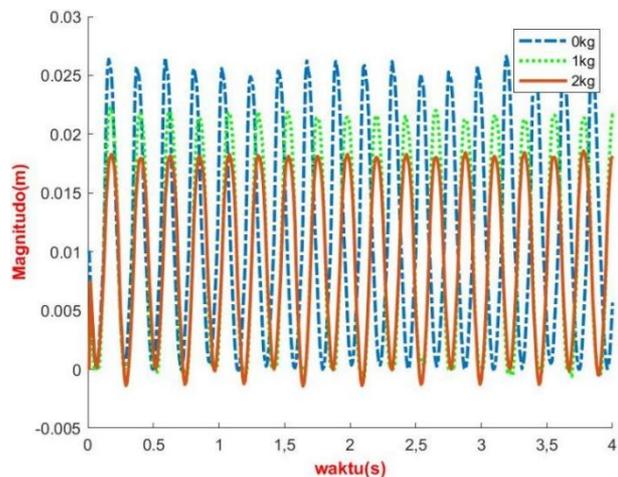
Pada Gambar 8 dapat dilihat data yang diubah dalam bentuk FFT untuk melihat reduksi frekuensi yang dihasilkan. Nilai reduksi berturut turut yaitu 17.1%, 2.35%, 4.167%, 2.35%, dan 1.56%.

Gambar 9 menyajikan perbandingan nilai amplitudo terhadap waktu pada setiap variasi bukaan katup saat frekuensi 5 Hz tanpa pembebanan. Nilai amplitudo yang dihasilkan cukup stabil dan mengalami kenaikan saat bukaan katup pada exhaust solenoid valve dinaikkan. Nilai amplitudo pada steps 300, 500, 700, 900, 1100, 1300 berturut turut yaitu 0.0072 m, 0.0088 m, 0.0118 m, 0.0135 m, 0.019 m, 0.0252 m.



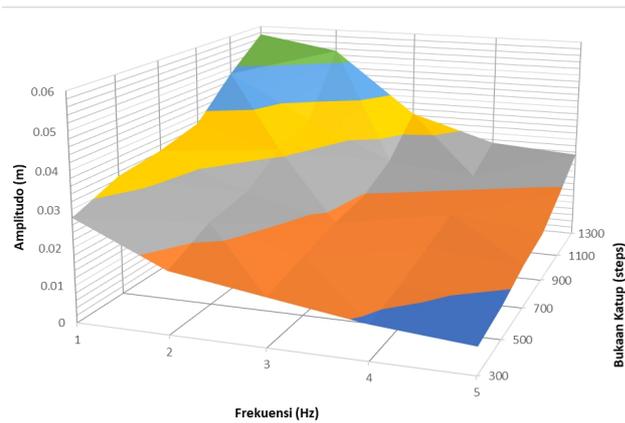
Gambar 9. Perbandingan amplitudo berdasarkan variasi bukaan katup

Gambar 10 menunjukkan perbandingan nilai amplitudo terhadap waktu pada setiap variasi pembebanan saat frekuensi 5 Hz bukaan katup 1300. Nilai amplitudo yang dihasilkan cukup stabil dan mengalami penurunan saat beban ditambahkan. Nilai amplitudo pada pembebanan 2 kg, 1 kg, dan tanpa pembebanan berturut-turut yaitu 0.01799 m, 0.0217 m, 0.0252 m.

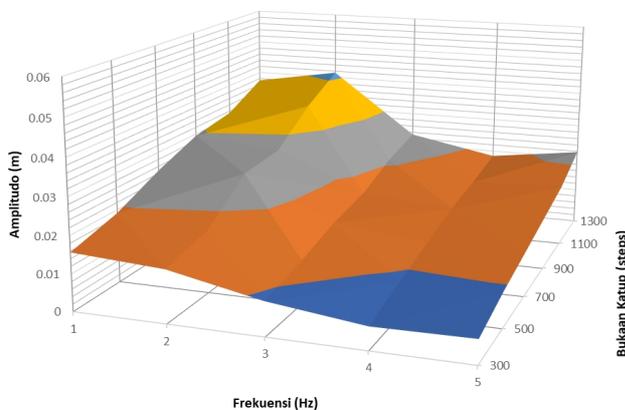


Gambar 10. Grafik perbandingan amplitudo berdasarkan variasi pembebanan

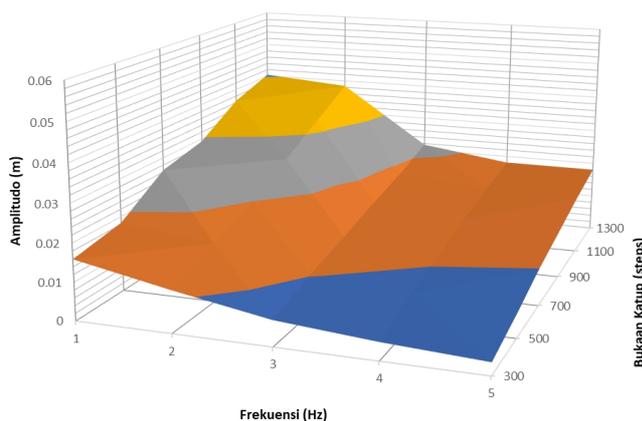
Nilai amplitudo pada setiap variasi dikelompokkan berdasarkan variasi pembebanan untuk mempermudah mengetahui pengaruh nilai amplitudo terhadap variasi frekuensi dan bukaan katup. Perubahan nilai amplitudo ini disajikan dalam bentuk grafik 3D yang dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13.



Gambar 11. Grafik perbandingan amplitudo, frekuensi dan bukaannya katup tanpa pembebanan



Gambar 12. Grafik perbandingan amplitudo, frekuensi, dan bukaannya katup pada pembebanan 1 kg



Gambar 13. Grafik perbandingan amplitudo, frekuensi, dan bukaannya katup pada pembebanan 2 kg

Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13 menyajikan nilai simpangan tertinggi yang dihasilkan meja getar dengan perubahan frekuensi dan bukaannya katup

pada variasi pembebanan. Secara keseluruhan *trend surface* pada setiap variasi hampir sama, nilai amplitudo yang dihasilkan meja getar menurun saat frekuensi dinaikkan dan ditambahkan pembebanan, tetapi terjadi kenaikan nilai amplitudo yang signifikan saat bukaannya katup ditambahkan. Nilai amplitudo tertinggi terjadi pada variasi frekuensi 1 Hz bukaannya katup 1300 *steps* dengan tanpa pembebanan yaitu sebesar 0.0574 m dan amplitudo yang paling rendah terjadi pada variasi 5 Hz bukaannya katup 300 *steps* dengan pembebanan 2 kg yaitu sebesar 0.00328 m.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian mengenai pembuatan meja getar sebagai alat simulator gempa bumi skala laboratorium ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dibuat meja getar yang terdiri dari 3 buah penggerak silinder pneumatik yang menghasilkan dua jenis gerakan translasi dan PLC sebagai controller. Meja getar ini dapat beroperasi pada frekuensi 1 Hz hingga 5 Hz yang aman digunakan dengan beban 2 kg dan menghasilkan amplitudo terbesar 0.0574 m dan terkecil 0.00328 m.
2. Semakin besar nilai frekuensi dan pembebanan maka nilai amplitudo semakin kecil sedangkan semakin besar nilai bukaannya katup maka nilai amplitudo semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Unggulan UNIB 2020 dengan No Kontrak 2010/UN30.15/PG/2020 Tanggal 23 Juni 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Abdullah, "Konstruksi Bangunan Rumah Tahan Gempa," Bandung, 2007.
- [2] BMKG, "Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak Tahun 1821-2018," Jakarta, 2019.

- [3] C. M. Chang, S. Shia and Y. A. Lai, "Seismic Design of Passive Tuned Mass Damper Parameters Using Active Control Algorithm," *Journal of Sound and Vibration*. 426, 2018.
- [4] C. Liu, R. Gao and B. Guo, "Seismic Design Method Analyses of An Innovative Steel Damping Bearing for Railway Bridges," *Engineering Structures*. 167, 518–532, 2018.
- [5] D. Suryadi dkk., "Pemodelan Sistem Peredam (Tuned Mass Damper) Pada Struktur Menggunakan Matlab Simulink," *Prosiding dari Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA)*. Bengkulu, Indonesia: Universitas Bengkulu, 2019.
- [6] M. F. Amahoru, "Pemodelan Dan Analisis Simulator Gempa Bumi Penghasil Gerak Rotasi," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 164–169, 2017.
- [7] A. Swaminathen and P. Sankari, "Experimental Analysis of Earthquake Shake Table," *Am. J. Eng. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 148–151, 2017.
- [8] J. E. Barnes, "Seismic Modeling with an Earthquake Shake Table," 2012.
- [9] J. Carrillo, N. M. B. Ruíz, and P. Porras, "Evaluación Del Diseño De Una Pequeña Mesa Vibratoria Para Ensayos En Ingeniería Sismo-Resistente/Design Evaluation of a Small Shake Table for Tests on Earthquake-Resistant Engineering," *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 23, no. 1, pp. 89–105, 2013.
- [10] A. Ghany, "Desain Dan Implementasi Sistem Kontrol Putaran Motor Pada Gerak Simulator Gempa 3 Axis," *Crankshaft*, vol. 3, no. 1, pp. 25–34, 2020, doi:10.24176/crankshaft.v3i1.4654.