Pengaruh Jarak Magnet-Pelat Tembaga dan *Grade* Magnet terhadap Respon Tunak Sistem Getaran dengan DVA Berperedam Arus Eddy (Pelat *Grounded* dan Magnet pada Massa DVA)

David Prasetyo Budiarto[1], Mahathir Joko Sampurno Athoillah[2], Ardi Noerpamoengkas[3]
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail: dvdpb1996@gmail.com

ABSTRACT

The combination of a DVA (Dynamic Vibration Absorber) and an eddy current mechanism can be used to reduce the vibration response of the main mass. In this research, the main vibration system is given DVA and eddy current. The magnets are combined with the DVA mass. The copper plate that is held close to the magnet is made immobile or grounded. Plate and magnet spacing, and magnet grade are varied. The response to the acceleration of the main mass was measured and the amplitude and RMS (Root Mean Square) response data were obtained. The closer the plate and magnet distance, and the larger the magnet grade, the lower the amplitude and RMS response.

Kata kunci: *Dynamic vibration absorber, eddy current, magnet, vibration.*

ABSTRAK

Penggabungan sistem peredam getaran dinamis atau DVA (*Dynamic Vibration Absorber*) dan mekanisme arus eddy dapat digunakan untuk mengurangi respon getaran massa utama. Pada penelitian ini, sistem getaran utama diberi DVA dan arus eddy. Magnet digabung dengan massa DVA. Pelat tembaga yang didekatkan pada magnet dibuat tidak bergerak atau *grounded*. Jarak pelat dan magnet, dan *grade* magnet divariasikan. Respon akselerasi massa utama diukur dan didapatkan data nilai amplitudo dan RMS (*Root Mean Square*) responnya. Semakin dekat jarak pelat dan magnet, dan semakin besar *grade* magnet menyebabkan semakin rendah amplitudo dan RMS respon.

Kata kunci: Arus eddy, peredam getaran dinamis, getaran, magnet.

PENDAHULUAN

DVA atau Dynamic Vibration Absorber umum digunakan untuk mereduksi respon getaran sistem getaran utama [1]. DVA dapat terdiri dari satu massa-pegas-redaman untuk reduksi getaran translasi vertikal [2], maupun arah vertikal dan rotasi [3], [4]. DVA dapat terdiri dari dua massa-pegas-redaman tersusun seri untuk reduksi getaran translasi vertikal [5], [6]. DVA dapat terdiri dari dua [7]–[9], atau tiga [10] massa-pegas-redaman tersusun seri untuk reduksi getaran translasi vertikal dan rotasi. Sistem DVA dapat berupa massa-batang kantilever [3], [6], atau bola gelinding [11].

Redaman lain menggunakan arus eddy. Magnet ditempatkan pada sistem getaran utama, seperti pendulum, dan didekatkan pada pelat tembaga [12], atau pelat aluminium [13]. Dapat pula pelat logam pada sistem getaran yang didekatkan pada magnet [14], [15]. Medan magnet dapat dibangkitkan dari magnet permanen maupun kumparan yang dialiri arus listrik. Mekanisme arus eddy dapat digabung dengan sistem massa-batang kantilever TMD (*Tuned Mass Damper*) pada sistem utama batang kantilever [16].

Dari penelitian yang ada, belum diteliti model sistem getaran dengan gabungan massa-pegas DVA dan magnet-logam arus eddy. Pada penelitian ini, magnet ditempatkan pada massa DVA dan pelat tembaga ditempatkan tetap *grounded*. Penempatan magnet ini dapat dianggap

sebagai bagian dari massa DVA. Pelat tembaga *grounded* sehingga tidak bergerak dan tidak berpengaruh-dipengaruhi getaran sistem.

TINJAUAN PUSTAKA

Peredam dengan menambahkan sistem massa-pegas-redaman pada sistem getaran utama disebut DVA atau *Dynamic Vibration Absorber*. Penambahannya membuat grafik amplitudo respon *displacement* fungsi frekuensi berubah. Nilai amplitudo menjadi rendah pada sekitar frekuensi kerja eksitasi [1].

Penempatan sistem DVA pada sistem getaran partikel sebagai mekanisme DVA sederhana [1]. Penempatan sistem DVA dengan massa-pegas-redaman lebih dari satu pada pusat massa sistem getaran utama dapat mereduksi getaran translasi vertikal [5], [6]. Penempatan sistem DVA berjarak dari pusat massa sistem getaran utama dapat mereduksi getaran arah translasi dan arah rotasi [3], [4], [9].

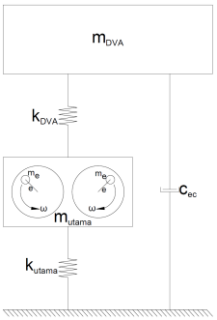
Peredam menggunakan arus eddy dipengaruhi oleh parameter kuat medan magnet. Arus eddy semakin besar ketika jarak pelat logam konduktif dan magnet semakin dekat [13]. Redaman arus eddy pada getaran pendulum dapat ditingkatkan dengan memperpanjang lengan ujung magnet [12]. Kuat medan magnet dari kumparan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan arus listrik pada kumparan tersebut [15]. Semakin besar kuat medan magnet semakin cepat *settling time*.

Penggabungan TMD (*Tuned Mass Damper*) dan arus eddy disebut ECTMD (*Eddy Current Tuned Mass Damper*). Mekanisme ini dapat meningkatkan kemampuan menurunkan respon getaran pada sistem utama. Kebanyakan penelitian mengenai ini menggunakan massa-batang kantilever sebagai sistem getaran utama [16], [17]. ECTMD dibuat dari massa magnet-batang kantilever. Pelat tembaga ditempatkan pada batang kantilever utama. Eksperimen dapat dilakukan dengan menggunakan *impact hammer* untuk mengetahui grafik amplitudo domain frekuensi [17]. Kombinasi sejenis juga diterapkan pada sistem getaran penelitian ini.

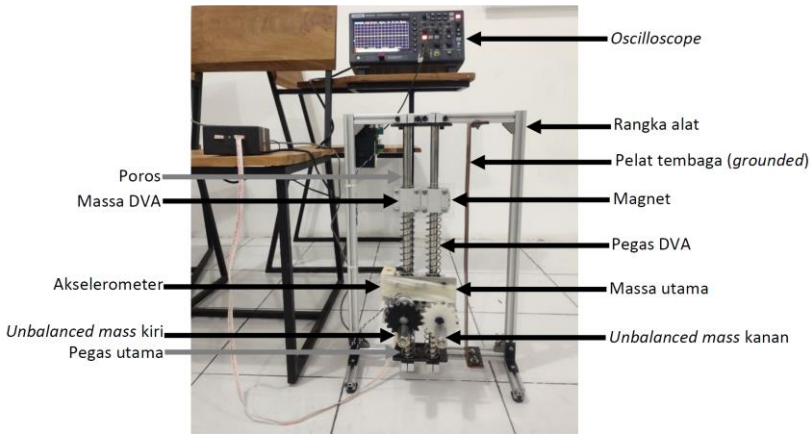
METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Sistem utama getaran dan DVA menggunakan *linear bearing*. Eksitasi menggunakan model massa tidak seimbang. Magnet untuk arus eddy ditempatkan pada massa DVA. Pelat tembaga disambung dengan rangka yang tidak bergerak dan tidak terpengaruh getaran sistem. Massa utama berupa massa *linear bearing*, penyangga motor, roda gigi mekanisme massa tidak seimbang, dan massa akselerometer. Massa DVA berupa massa *linear bearing*, dan magnet.

Pengukuran getaran pada respon akselerasi massa utama. Alat ukur menggunakan akselerometer tipe GY-61 ADXL335. Akselerometer ini juga dipakai pada penelitian sebelumnya [11], [16], [18]. Tegangan dari akselerometer masuk dan diolah oleh *oscilloscope*. *Oscilloscope* bermerek HANTEK tipe DSO2D10.



Gambar 1. Model sistem getaran dengan DVA dan arus eddy (magnet pada massa DVA dan pelat tembaga *grounded*).



Gambar 2. Alat uji getaran.

Eksitasi pada massa utama terdiri dari dua sisi. Keduanya tersambung dengan mekanisme roda gigi lurus. Roda gigi *driver* disambung pada motor yang dapat diatur kecepatan putarnya. Roda gigi lain atau *driven* mengikuti dengan jumlah gigi yang sama dengan roda gigi *driver*. Kedua roda gigi dibuat berlubang, dan dipasang massa sebagai *unbalanced mass*. Pembuatannya dua sisi membuat gaya eksitasi komponen arah lateral poros saling meniadakan atau sama dengan nol.

Adapun parameter pada sistem getaran dan eksitasi dapat diketahui di tabel berikut.

Tabel 1. Parameter sistem dan eksitasi.

No.	Notasi	Besaran	Nilai	Satuan
1	m_{utama}	Massa utama	0,758	kg
2	k_{utama}	Kekakuan pegas utama	494,55	N/m
3	m_{DVA}	Massa DVA	0,4	kg
4	k_{DVA}	Kekakuan pegas DVA	494,55	N/m
5	m_e	*Unbalanced mass*	0,069	kg
6	e	Eksentrisitas *unbalanced mass*	0,021	m
7	ω	Kecepatan putar *unbalanced mass*	62,8	rad/s

Grade magnet yang digunakan tetap yaitu *grade* N35 pada variasi jarak pelat tembaga-magnet. Jarak pelat tembaga-magnet sejauh 0,015 m pada variasi *grade* magnet. Berikut tabel variasi parameter sistem tersebut.

Tabel 2. Variasi jarak pelat tembaga dan magnet.

No.	Variasi	Jarak Magnet-Pelat (m)	*Grade* Magnet
1	1	0,005	N35
2	2	0,010	N35
3	3	0,015	N35

Tabel 3. Variasi *grade* magnet.

No.	Variasi	Jarak Magnet-Pelat (m)	*Grade* Magnet
1	1	0,015	N35
2	2	0,015	N45
3	3	0,015	N52

Data mengenai nilai amplitudo dan RMS (*Root Mean Square*) respon dari data tegangan yang ditangkap *oscilloscope* dapat langsung diperoleh. Nilai respon akselerasi maksimal yang dapat diukur akselerometer sebesar 3 G atau 29,43 m/s^2. Tegangan maksimal yang dapat diterima oscilloscope dari akselerometer sebesar 3,4 V, minimal 20 mV, dan amplitudo 1,69 V. Tegangan 1,69 V ini setara dengan 3 G atau 29,43 m/s^2. Data yang dibandingkan antara sistem tanpa DVA, dengan DVA tanpa arus eddy, dan dengan DVA dan arus eddy.

HASIL DAN PEMBAHASAN

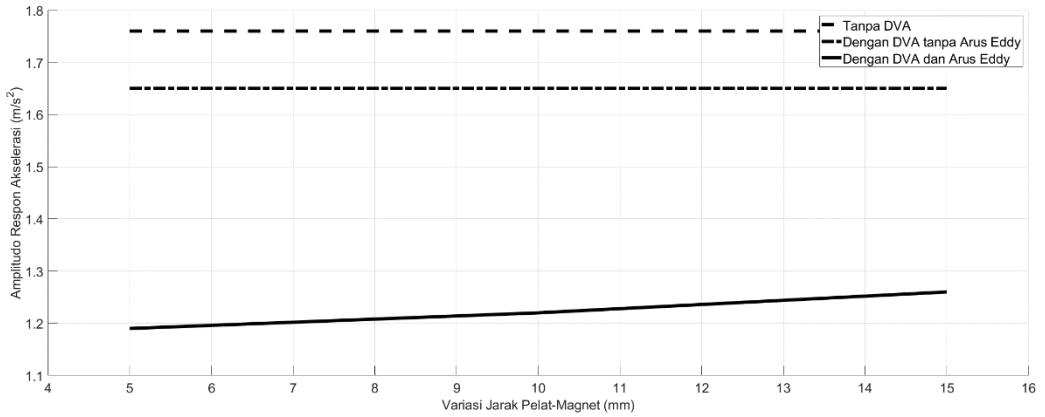
Dari pengambilan data pengaruh variasi jarak pelat tembaga dan magnet, diperoleh tren data semakin dekat jarak tersebut semakin kecil amplitudo respon. Selain itu, semakin dekat jarak pelat dan magnet juga semakin kecil RMS respon. Hal ini menunjukkan respon getaran massa utama semakin rendah. Jarak antara pelat tembaga dan magnet yang semakin dekat menyebabkan kuat medan magnet yang mempengaruhi pelat semakin besar. Kuat medan magnet yang semakin besar ini menyebabkan arus eddy yang timbul pada pelat juga semakin besar, sehingga redaman akibat efek tersebut juga semakin besar pula.

Tabel 4. Nilai amplitudo dan RMS respon tanpa arus eddy.

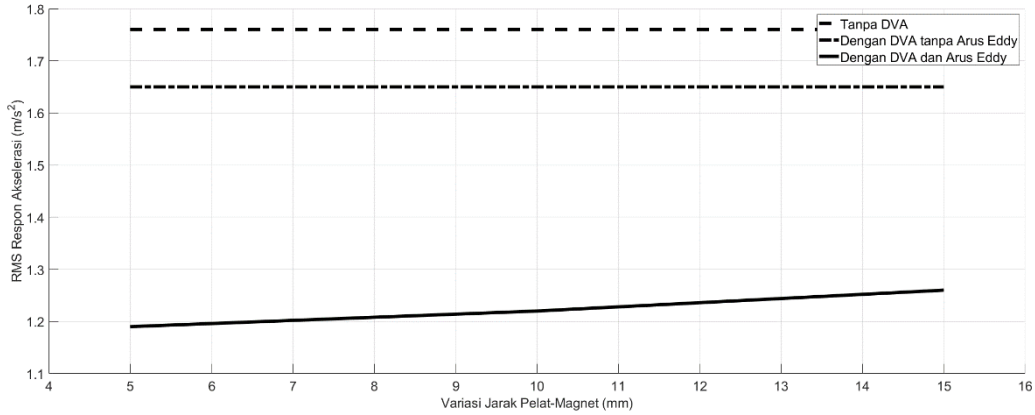
No.	Kondisi	Amplitudo Respon (G)	RMS Respon (G)
1	Tanpa DVA	1,76	0,28
2	Dengan DVA tanpa arus eddy	1,65	0,23

Tabel 5. Nilai amplitudo dan RMS respon variasi jarak pelat tembaga-magnet.

No.	Variasi	Jarak Magnet-Pelat (m)	Amplitudo Respon (G)	RMS Respon (G)
1	1	0,005	1,19	0,11
2	2	0,010	1,22	0,12
3	3	0,015	1,26	0,14



Gambar 3. Amplitudo respon variasi jarak pelat-magnet.

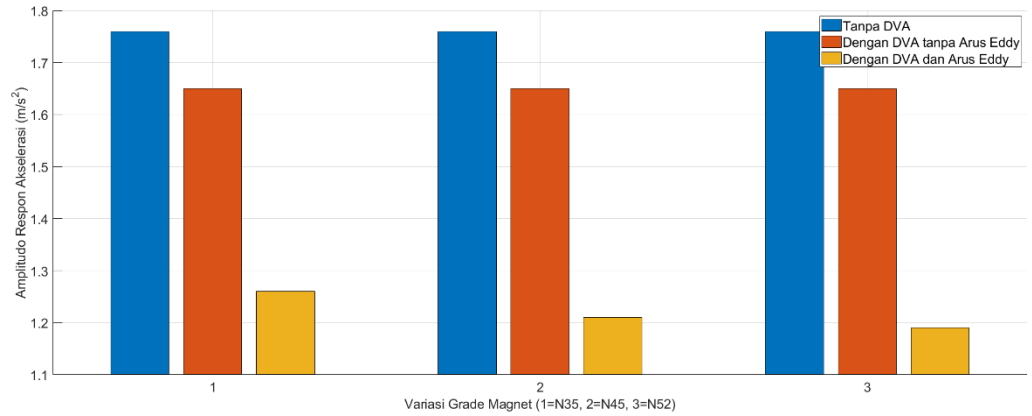


Gambar 4. RMS respon variasi jarak pelat-magnet.

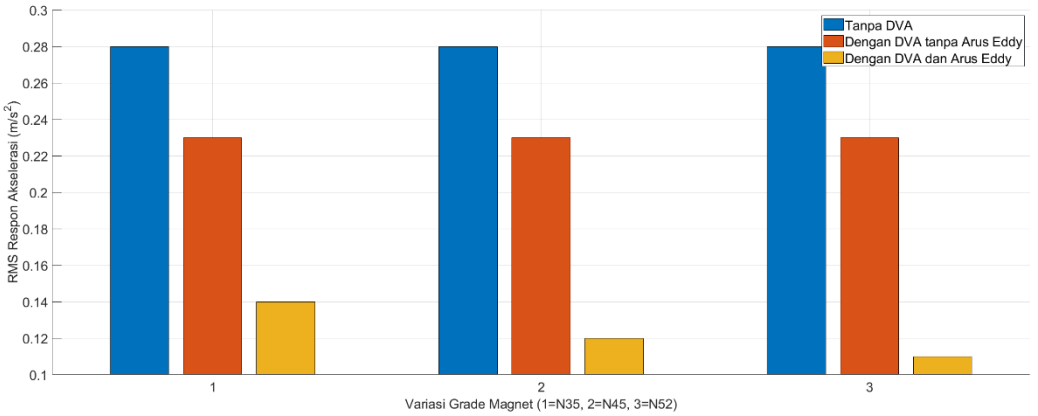
Dari pengambilan data variasi *grade* magnet, dapat diketahui bahwa semakin besar *grade* magnet semakin rendah respon getaran. Hal ini ditunjukkan dengan semakin besar *grade* magnet semakin rendah nilai amplitudo respon. Demikian juga, semakin rendah nilai RMS responnya. *Grade* magnet menandakan kuat medan magnet yang dapat dihasilkan. Semakin besar *grade* magnet semakin besar kuat medan magnet. Semakin besar kuat medan magnet semakin besar arus eddy yang ditimbulkan sehingga semakin besar juga redaman yang diakibatkannya.

Tabel 6. Nilai amplitudo dan RMS respon variasi jarak *grade* magnet.

No.	Variasi	*Grade* Magnet	Amplitudo Respon (G)	RMS Respon (G)
1	1	N35	1,19	0,11
2	2	N45	1,22	0,12
3	3	N52	1,26	0,14



Gambar 5. Amplitudo respon variasi *grade* magnet.



Gambar 6. RMS respon variasi *grade* magnet.

Penurunan respon akibat adanya DVA sesuai dengan penelitian sebelumnya [2]–[10]. Demikian juga, penurunan respon akibat gabungan DVA dan peredam jenis arus eddy sesuai dengan penelitian sebelumnya [16], [17]. Studi lanjut bisa dilakukan dengan mempelajari karakteristik sistem getaran dengan DVA dan arus eddy ini. Nilai amplitudo respon tunak pada berbagai nilai frekuensi bisa dipelajari lebih lanjut untuk hal itu.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian respon getaran pada massa utama yang ditambahkan satu sistem massa-pegas DVA yang ditambahkan arus eddy. Analisis dilakukan dengan membandingkan sistem tanpa DVA, dengan DVA tanpa arus eddy, dan dengan DVA-arus eddy. Arus eddy ditimbulkan dengan menambahkan magnet pada massa DVA dan mendekatkannya dengan pelat tembaga *grounded*. Respon getaran ditinjau pada massa utama. Penambahan DVA dan arus eddy ini dapat menurunkan respon getaran. Semakin dekat jarak pelat tembaga dan magnet, dan semakin besar *grade* magnet menyebabkan semakin rendah respon getaran massa utama.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. S. Rao, *Mechanical Vibrations*, 5th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc, 2011.

[2] Y. Fitri and Y. Susatio, “Simulasi Peredaman Getaran Mesin Rotasi Menggunakan Dynamic Vibration Absorber (DVA),” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 2, pp. D108–D112, 2013.

[3] A. Rohman and H. L. Guntur, “Pengaruh Perubahan Posisi Sumber Eksitasi Dan Massa DVA Dari Titik Berat Massa Beam Terhadap Karakteristik Getaran Translasi Dan Rotasi,” in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 2016, p. A.1.

[4] W. M. Fiqih and A. Noerpamoengkas, “PEMODELAN DAN ANALISIS PENGARUH JARAK DVA, KECEPATAN, DAN KEDALAMAN CELAH TERHADAP SIMPANGAN MAKSIMUM RESPON GETARAN PADA GERBONG KERETA API ARAH ROTASI DAN TRANSLASI,” *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 470–477, Oct. 2021.

[5] A. Lostari, “Simulasi Peredam Getaran TDVA dan DDVA Tersusun Seri terhadap Respon Getaran Translasi Sistem Utama,” *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, vol. 2, no. 01, pp. 2017–2026, Jan. 2018.

[6] A. Lostari, H. L. Guntur, and W. Hendrowati, "Studi Perbandingan Pengaruh Penambahan SDVA Dan DDVA Tersusun Seri Terhadap Respon Getaran Translasi Sistem Utama," in *Seminar Nasional Teknik Mesin 10*, 2015, p. DS-23.

[7] Susastro and N. I. Riani, "Optimizing vibration reduction in 2DOF system with change position of independent translational D-DVA," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 882–892, 2018.

[8] A. Setiawan and A. Noerpamoengkas, "Pemodelan dan Analisis Pengaruh Rasio Jarak dan Rasio Massa DVA Terhadap Respon Massa Utama dengan Dual-DVA Ganda," *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, vol. 2, no. 0, pp. 346–355, Mar. 2022.

[9] T. Machfuroh and H. L. Guntur, "Studi Pengaruh Penambahan Dual Dynamic Vibration Absorber (DDVA)-Dependent terhadap Respon Getaran Translasi dan Rotasi," in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 2016, p. A.37.

[10] R. Ramadhan and A. Noerpamoengkas, "PEMODELAN DAN ANALISIS PENGARUH JARAK DAN MASSA DVA TERHADAP RESPON GETARAN MASSA UTAMA DENGAN TRIPLE-DVA TERSUSUN SERI," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 478–484, Oct. 2021.

[11] N. Irfani, A. Noerpamoengkas, and I. Bagus, "Studi Eksperimental Pengaruh Radius Lintasan dan Massa Bola Terhadap Respon Getaran Model Bangunan Berperedam Bola," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, Mar. 2021, vol. 1, no. 1, p. 415.

[12] M. Farid and A. Noerpamoengkas, "Studi Eksperimental Pengaruh Panjang Lengan Massa Pemberat Dan Panjang Lengan Magnet Terhadap Respon Pendulum Lengan Ganda Dengan Peredam Arus Eddy," in *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2022, pp. 367–372.

[13] D. U. Suwarno, "Getaran osilasi teredam pada pendulum dengan magnet dan batang aluminium," *Seminar Kontribusi Fisika*, 2015.

[14] N. Nurlaili and S. Sumardi, "Pengaruh redaman meda magnit terhadap ayunan von waltenhoven dan piringan logam berputar," *Jurnal POLIMESIN*, vol. 2, no. 1, p. 99, Sep. 2019.

[15] Zulkarnain, Erwin, and R. Sawitri, "Studi Gejala Arus Eddy Pada Plat Alumunium Menggunakan Solenoid Silinder," *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 12, no. 11, pp. 745–751.

[16] R. Efendi, A. Noerpamoengkas, and H. S. Maulana, "Studi Eksperimental Pengaruh Panjang Penyangga Magnet pada Getaran Batang dengan Eddy Current Tuned Mass Damper," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Mar. 2021.

[17] J. S. Bae, J. H. Hwang, J. H. Roh, J. H. Kim, M. S. Yi, and J. H. Lim, "Vibration suppression of a cantilever beam using magnetically tuned-mass-damper," *J Sound Vib*, vol. 331, no. 26, pp. 5669–5684, Dec. 2012, doi: 10.1016/J.JSV.2012.07.020.

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