

Studi Eksperimental Pengaruh Jarak Magnet-Konduktor dan *Grade* Magnet terhadap Respons Tunak Sistem Getaran dengan DVA-Redaman Arus Eddy (Magnet pada Massa Utama dan Konduktor pada Massa DVA)

Bima Arya Pambayun¹, Ardi Noerpamoengkas², Ahmad Yusuf Ismail³
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3}
e-mail: bimabimo@gmail.com¹

ABSTRACT

The application of eddy current damper and DVA (Dynamic Vibration Absorber) in the main vibration system with one degree of freedom is carried out in this study. Eddy currents can cause vibration attenuation in the system. The magnet is placed on the main mass. Copper conductor plate is placed in the DVA mass. The magnet-conductor plate gap and the magnet grade are varied. The main mass response value is measured with an accelerometer and processed on an oscilloscope so that the amplitude and RMS values are obtained. The main system response data without DVA, with DVA without eddy currents and with DVA-eddy currents were compared and analyzed. From the experimental results it was concluded that the vibration response of the main system mass was lower if the magnet-plate gap was closer and the magnet grade was higher.

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

ABSTRAK

Penerapan redaman arus eddy dan DVA (*Dynamic Vibration Absorber*) pada sistem getaran utama satu derajat kebebasan dilakukan di penelitian ini. Arus eddy dapat menimbulkan redaman pada sistem. Magnet ditempatkan di massa utama. Pelat konduktor tembaga ditempatkan di massa DVA. Jarak magnet-pelat konduktor dan *grade* magnet divariasikan. Nilai respons massa utama diukur dengan akselerometer dan diolah pada *oscilloscope* sehingga diperoleh nilai amplitudo dan RMS. Data respons sistem utama tanpa DVA, dengan DVA tanpa arus eddy dan dengan DVA-arus eddy dibandingkan dan dianalisis. Dari hasil eksperimen, diperoleh kesimpulan bahwa respons getaran massa sistem utama semakin rendah jika jarak magnet-pelat semakin dekat dan *grade* magnet semakin tinggi.

Kata kunci: *Dynamic vibration absorber, getaran, magnet, redaman arus eddy.*

PENDAHULUAN

DVA (*Dynamic Vibration Absorber*) dapat menurunkan respons getaran massa utama [1]. DVA dibuat dengan menambahkan massa-pegas-redaman pada sistem getaran utama. DVA untuk mengurangi respons translasi saja [2], maupun gabungan translasi-rotasi [3], [4]. Sistem DVA dapat disusun dari dua tambahan sistem massa-pegas-redaman seri untuk pengurangan getaran translasi [5], [6]. Reduksi respons getaran translasi, juga dapat dengan menambahkan dua [7]–[9], maupun tiga [10] sistem massa-pegas-redaman DVA seri. Mekanisme DVA dapat berupa batang kantilever dengan massa di ujungnya [3], [6], ataupun bola menggelinding [11].

Redaman arus eddy dapat diterapkan pada DVA. Arus eddy diaplikasikan dengan menempatkan magnet pada sistem massa utama, dan menempatkan pelat konduktor di dekatnya. Pelat konduktor dapat berupa pelat aluminium [12], atau pelat tembaga [13]. Sistem dapat pula dibalik, konduktor yang melekat pada massa utama [14], [15]. Medan magnet bisa ditimbulkan dari kumparan yang teraliri arus listrik maupun magnet permanen. Gabungan mekanisme arus eddy dan TMD (*Tuned Mass Damper*) diterapkan pada sistem getaran batang kantilever [16]. Gabungan serupa pada sistem getaran satu derajat kebebasan dengan menempatkan konduktor pada landasan dan magnet pada massa DVA [17].

Dari penelitian sebelumnya, belum ada penelitian yang menerapkan arus eddy sebagai redaman dengan penempatan magnet pada massa utama dan pelat konduktor pada massa DVA di sistem getaran utama satu derajat kebebasan. Penempatan magnet dapat dianggap sebagai bagian dari massa utama. Pelat konduktor bagian dari massa DVA. Sistem ini menambahkan redaman DVA.

TINJAUAN PUSTAKA

Penambahan sistem massa-pegas menyebabkan penurunan respons getaran sistem utama [1]. Sistem disebut DVA (*Dynamic Vibration Absorber*). Nilai respons rendah pada frekuensi eksitasi sama dengan frekuensi natural sistem utama.

Mekanisme DVA paling sederhana dengan menempatkan satu massa-pegas pada sistem utama untuk mereduksi getaran satu derajat kebebasan [1]. Pengurangan respons getaran translasi dapat dilakukan dengan penambahan massa-pegas-redaman yang lebih banyak [5], [6]. Pengurangan respons getaran arah translasi-rotasi pada massa-momen inersia dapat dilakukan dengan menempatkan DVA berjarak dari pusat gravitasi massa utama [3], [4], [9].

Redaman dengan arus eddy dipengaruhi oleh besar kuat medan magnet. Jarak pelat konduktor-magnet yang semakin dekat menyebabkan arus eddy yang ditimbulkan semakin besar [12]. Torsi redaman arus eddy pada getaran pendulum dapat dinaikkan dengan membuat lengan pendulum ujung massa magnet lebih panjang [13]. Peningkatan arus listrik pada kumparan dapat meningkatkan kuat medan magnet sehingga arus eddy juga meningkat [15]. Kuat medan magnet yang semakin besar menyebabkan *settling time* semakin cepat.

Gabungan mekanisme arus eddy dan *tuned mass damper* disebut juga ECTMD atau *Eddy Current-Tuned Mass Damper*. Mekanisme ini dapat meningkatkan performa penurunan respons getaran massa utama. Sistem massa-pegas utama dapat menggunakan batang kantilever [16], [18]. Mekanisme ECTMD dilakukan dengan menempatkan massa pada ujung batang kantilever tambahan dan pelat konduktor ditempatkan didekatnya. Grafik domain frekuensi dilakukan dengan menggunakan *impact hammer*.

Penggabungan mekanisme arus eddy sebagai redaman dan DVA diterapkan pada sistem utama satu derajat kebebasan [17]. Budiarto meletakkan pelat konduktor pada landasan/*grounded* dan magnet menempel pada massa DVA. Peningkatan jarak magnet-pelat dan penurunan *grade* magnet membuat respons massa utama semakin tinggi. Pada penelitian ini, mekanisme arus eddy sebagai redaman dibuat dengan menempatkan magnet pada massa utama dan pelat konduktor pada massa DVA.

METODE

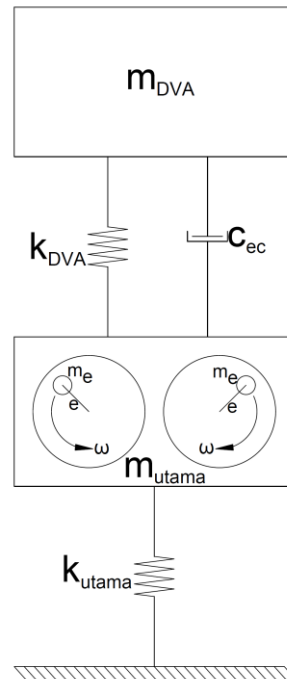
Uji respons getaran dilakukan secara eksperimental. Massa utama terdiri dari *linear bearing*, massa pengganggu, magnet, dan akselerometer. Massa DVA terdiri dari *linear bearing*, dan pelat konduktor. Magnet didekatkan dengan pelat konduktor. Pengganggu dibuat dengan mekanisme *unbalanced mass* yang berputar.

Respons akselerasi massa sistem utama diukur menggunakan akselerometer. Akselerometer yang digunakan adalah GY-61 ADXL335. Cara pengukuran yang sama dilakukan pada penelitian yang lain sebelumnya [11], [16], [17]. Tegangan yang keluar dari akselerometer masuk ke *oscilloscope*. *Oscilloscope* yang digunakan merek HANTEK DSO2D10.

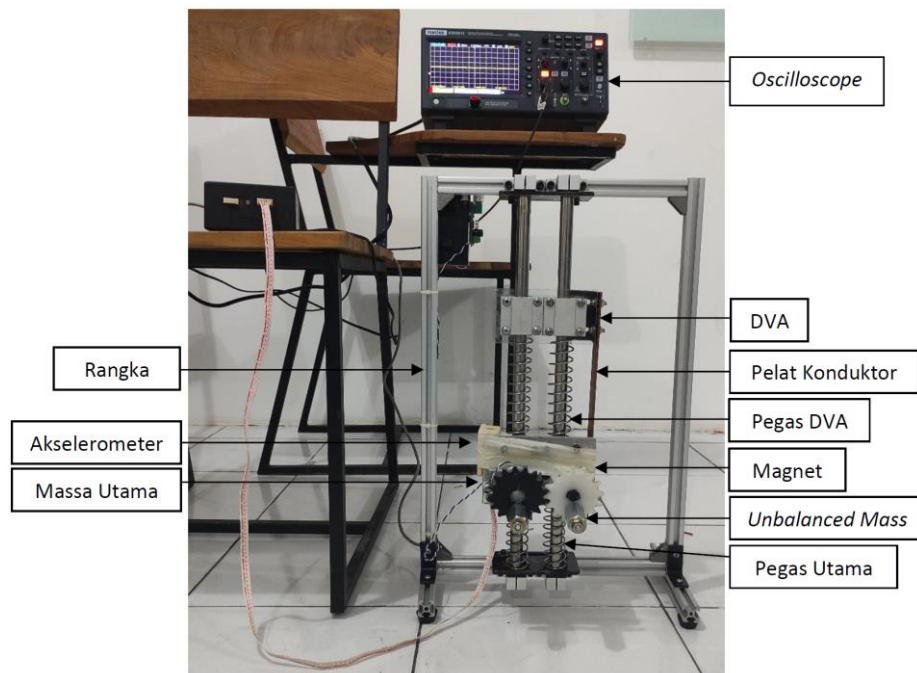
Pengganggu dibuat dengan *unbalanced mass* dua sisi. Kedua sisi dihubungkan dengan roda gigi lurus rasio kecepatan satu. Roda gigi *pinion* maupun *gear* dimodif sehingga dapat diberi massa tidak seimbang. Pembuatan *unbalanced mass* seperti ini dilakukan agar komponen gaya eksitasi arah lateral dapat saling meniadakan.

Grade magnet yang ditetapkan adalah *grade* N35 untuk variasi jarak magnet-konduktor. Jarak magnet-konduktor yang ditetapkan sejauh 15 mm untuk variasi *grade* magnet permanen. Konduktor berbahan tembaga. Parameter sistem, dan variasi variabel input ditabelkan.

Data respons diolah agar memperoleh nilai amplitudo dan RMS atau *Root Mean Square*. Nilai keduanya diperoleh langsung dari pembacaan nilai tegangan yang masuk pada *oscilloscope*. Data olahan sistem tanpa menggunakan DVA, dengan DVA biasa, dan dengan DVA-redaman arus eddy. Nilai akselerasi yang dapat diterima oleh akselerometer adalah sebesar plus-minus 3 G atau 29.43 m/s². Tegangan yang diterima *oscilloscope* sebesar 1.69 V setara 3 G.



Gambar 1. Model sistem dengan DVA-redaman arus eddy dengan magnet pada massa utama dan pelat konduktor tembaga pada massa DVA.



Gambar 2. Peralatan uji getaran.

Tabel 1. Parameter sistem getaran dan eksitasinya.

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

Tabel 2. Variasi jarak pelat tembaga dan magnet.

No.	Jarak Magnet-Pelat Konduktor Tembaga (mm)	Grade Magnet
1	5	N35
2	10	N35
3	15	N35

Tabel 3. Variasi *grade* magnet.

No.	Jarak Magnet-Pelat Konduktor Tembaga (mm)	Grade Magnet
1	15	N35
2	15	N45
3	15	N52

HASIL DAN PEMBAHASAN

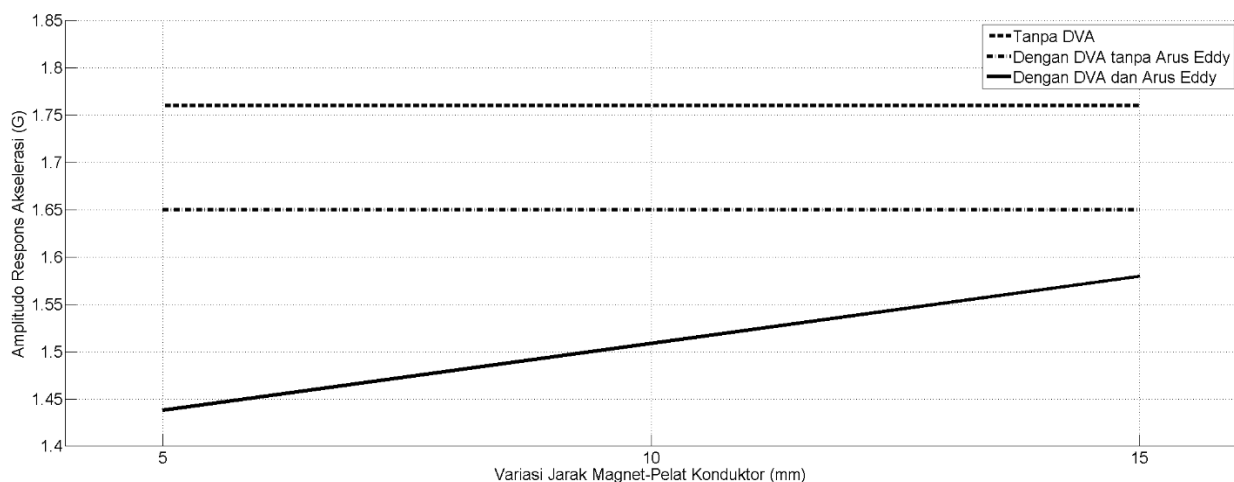
Dari hasil eksperimen variasi jarak magnet-pelat konduktor, didapat tren amplitudo respons semakin kecil dengan jarak tersebut yang semakin dekat. Demikian juga, RMS respons semakin kecil. Kedua nilai yang semakin kecil tersebut menunjukkan respons getaran sistem utama yang semakin rendah. Jarak magnet-pelat konduktor yang semakin dekat menyebabkan kuat medan magnet pada pelat semakin tinggi. Hal ini menyebabkan arus eddy pada pelat semakin besar, sehingga redaman akibatnya semakin tinggi juga.

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

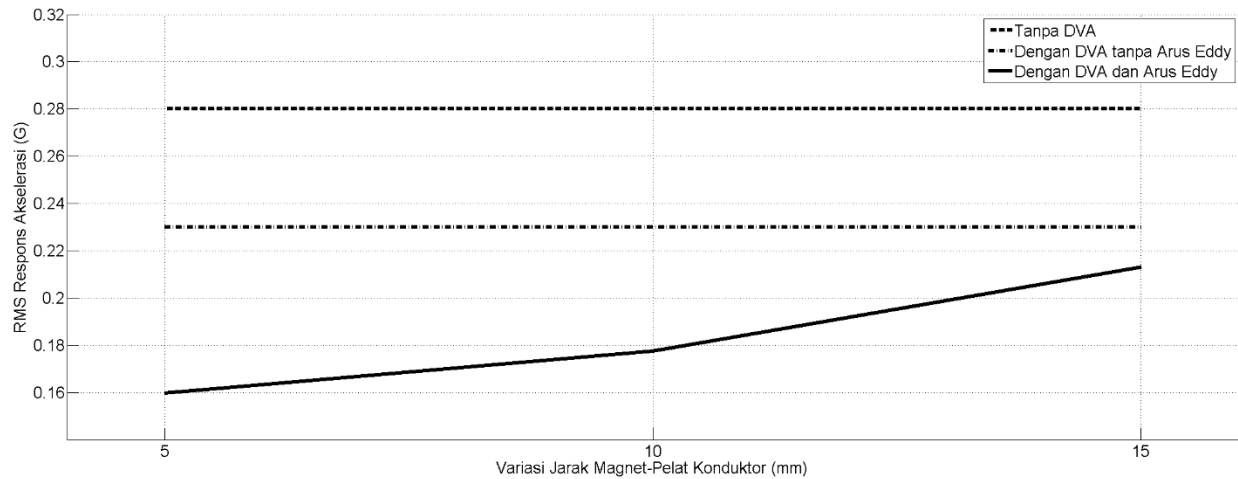
No.	Kondisi	Amplitudo Respons (G)	RMS Respons (G)
1	Tanpa DVA	1,76	0,28
2	Dengan DVA tanpa redaman arus eddy	1,65	0,23

Tabel 5. Nilai amplitudo dan RMS respons variasi jarak magnet-pelat konduktor.

No.	Jarak Magnet-Pelat Konduktor (mm)	Amplitudo Respons (G)	RMS Respons (G)
1	5	1.4379	0.1598
2	10	1.5089	0.1775
3	15	1.5799	0.2130



Gambar 3. Amplitudo respons akibat variasi magnet-pelat konduktor.

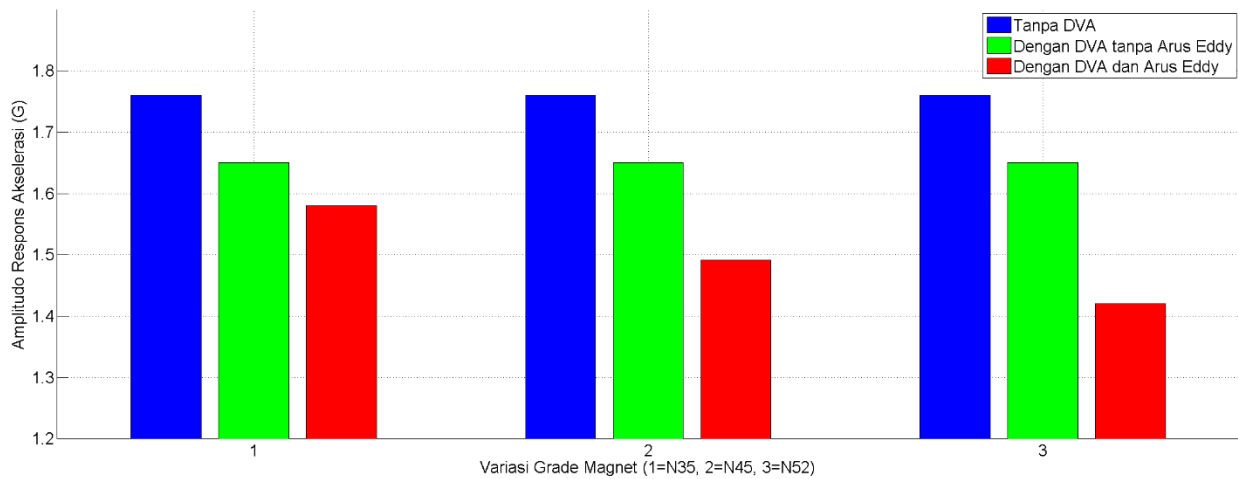


Gambar 4. RMS respons akibat variasi jarak magnet-pelat.

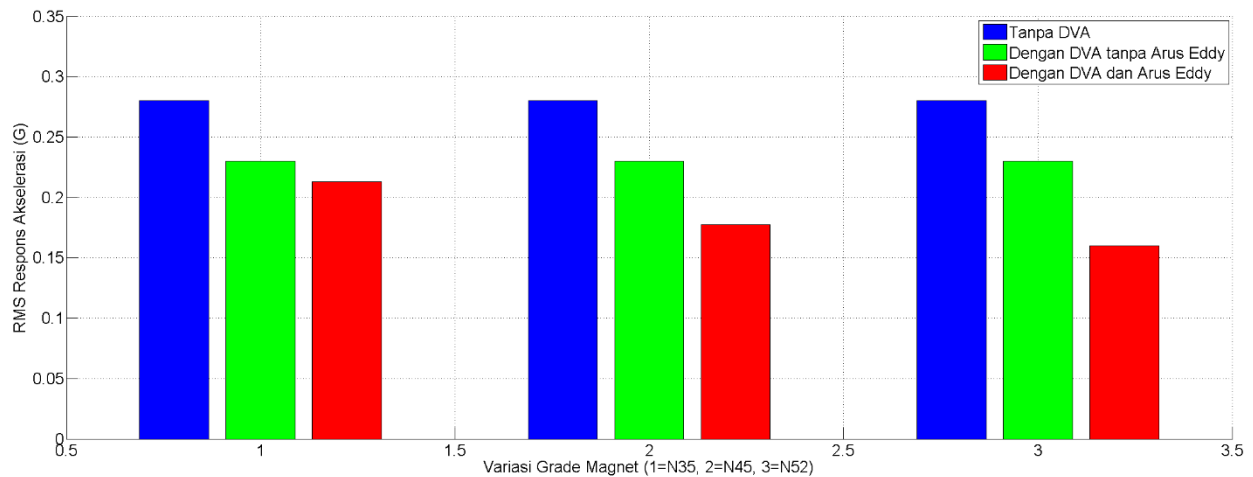
Dari uji eksperimen variasi *grade* magnet, diperoleh bahwa respons getaran yang semakin rendah jika *grade* magnet semakin besar. Hal ini terlihat dari nilai amplitudo dan RMS respons yang semakin rendah. Semakin tinggi *grade* magnet semakin besar kuat medan magnet. Hal ini dapat menimbulkan arus eddy, dan redaman yang timbul akibatnya semakin besar.

Tabel 6. Nilai amplitudo dan RMS respons akibat variasi *grade* magnet.

No.	Grade Magnet	Amplitudo Respons (G)	RMS Respons (G)
1	N35	1.5799	0.2130
2	N45	1.4911	0.1775
3	N52	1.4201	0.1598



Gambar 5. Amplitudo respons akibat variasi *grade* magnet.



Gambar 6. RMS respon variasi *grade magnet*.

Penerapan DVA menyebabkan penurunan respons getaran sistem utama. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [1]–[10]. Selain itu, penerapan gabungan mekanisme arus eddy dan DVA juga memperbaiki performa penurunan respons sistem utama. Hal ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya [16]–[18]. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan meninjau amplitudo respons domain frekuensi untuk mengetahui karakteristik sistem getaran pada rentang nilai frekuensi tertentu.

KESIMPULAN

Redaman arus eddy dan DVA diterapkan pada penelitian ini. Mekanisme arus eddy dibuat dengan menempatkan massa magnet pada massa utama dan pelat konduktor tembaga pada massa DVA. Nilai amplitudo dan RMS respons massa sistem utama ditinjau dan dibandingkan dalam kondisi tanpa DVA, dengan DVA tanpa arus eddy, dan dengan DVA-arus eddy. Semakin dekat jarak magnet-pelat konduktor tembaga, dan semakin tinggi grade magnet menyebabkan respons getaran massa sistem utama semakin kecil.

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] D. U. Suwarno, "Getaran osilasi teredam pada pendulum dengan magnet dan batang aluminium," *Seminar Kontribusi Fisika*, 2015.
- [13] 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.
- [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, 2015.
- [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] D. P. Budiarto, M. J. S. Athoillah, and A. Noerpamoengkas, "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)," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2022, doi: 10.1016/J.JSV.2012.07.020.
- [18] 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.