

LAPORAN
PENELITIAN FUNDAMENTAL



JUDUL:

**Investigasi Bahan Tambahan Material Nano Cerdas Pada
Magnetorheological Elastomer (MRE) Dalam Meredam Getaran**

Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun

Ketua / Anggota Tim:

Ir. Gigih Priyandoko, MT, PhD

NIDN : 0727026702 (Ketua)

Prof. Dr. Ir. Fachrudin, MT

NIDN : 0717066701 (Anggota)

Fitrian Imaduddin, ST, MEng, PhD

NIDN : 0015068508 (Anggota)

UNIVERSITAS WIDYA GAMA MALANG

DESEMBER 2024

**Dibiayai Oleh Direktorat fuset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Sesuai Dengan Perjanjian
Kontrak Nomor 109/E5/PG.02.00.PL/2024, Tanggal 11 Juni 2024
Tahun Anggaran 2024**

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

1. Simulasi test rig.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan desain test rig Reduksi Vibrasi. Gambar simulasi sistem isolator getaran semi-aktif adaptif yang terbuat dari MRE menggunakan software Finite Element Method Magnetics (FEMM) 4.2. Software yang digunakan untuk berbagai macam kombinasi material penyusun isolator. Hasil yang terbaik berupa MRE yang menghasilkan fluks medan magnet yang besar dan terarah. Lokasi: Lab. Teknik Mesin, Universitas Widyagama, Malang. Kombinasi material yang diperoleh secara optimal pada simulasi dapat dilihat pada Gambar 1-2.

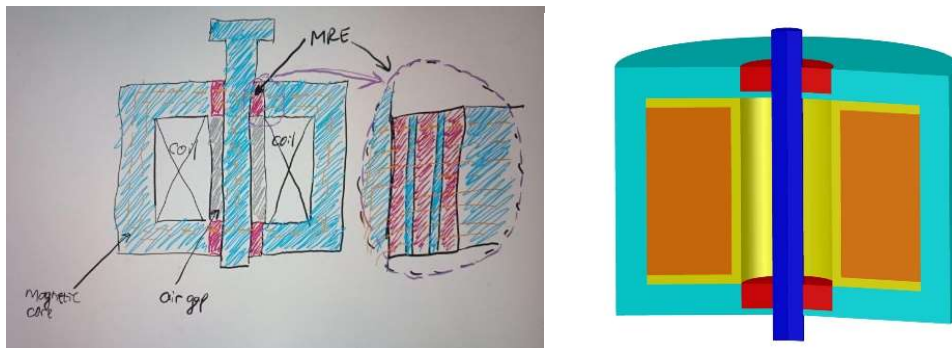
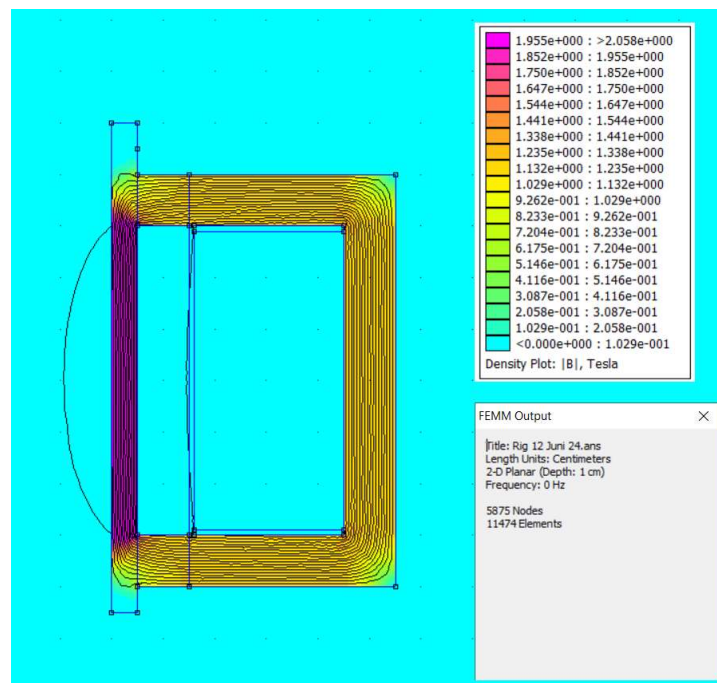


Figure 1. Desain dan Fabrikasi Reduksi Getaran



Gambar 2. Kontur Respon Medan Magnet Pada Test Rig Secara Simulasi

2. Sintesis Nano Material

Nanomaterial merupakan suatu ukuran material yang memiliki satuan nanometer, Nanomaterial pertama kali di gagas oleh Richard Phillips Feynman. Beliau merupakan seorang fisikiawan yang tersohor pada tahun 1959. Beliau terkenal dengan gagasannya, yaitu “there’s Plenty of room at the bottom”, yang mnejelaskan bahwa prinsip fisika tidak hanya menunjukkan pergerakan antar atom, tetapi juga dapat disimpulkan dalam perubahan atom secara kimiawi . Perubahan atomic secara kimiawi dapat dikontrol secara fisik, sehingga ukuran dari suatu material dapat diubah hingga menjadi ukuran nanometer (Cammarata, 1996; Edelstein & Cammarata, 1998).

Pengontrolan ukuran material tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode sintesis material. Sintesis merupakan suatu metode manipulasi ukuran molekul suatu material yang dapat digunakan untuk merubah ukuran bulk material menjadi berukuran makro, mikro, bahkan nanometer. Sintesis yang berutujuan menrubah ukuran suatu material menjadi nanometer dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu bottom-up dan metode top-down. Metode top-down merupakan metode sintesis yang digunakan untuk mengubah ukuran bulk material (makrometer) menjadi ukuran mikrometer secara mekanikal yang memerlukan alat bantu, seperti planetary ball milling dan atau lain sebagainya (Cammarata, 1996; G. E. Dieter, 1997). Sedangkan metode buttom-up merupakan metode sisntesis yang digunakan untuk merubah ukuran suatu material dari mikrometer menjadi ukuran nanometer secara kimiawi, sehingga pengontrolan partikel dan senyawa dapat tereduksi menjadi material berukuran nanometer dengan tetap atau meningkatkan kualitas sifat material tersebut yang diakibatkan pengaruh transformasi senyawa dan partikelnya (Cammarata, 1996; G. E. Dieter, 1997; Ullman et al., 1987; Vollath, 2013). Sintesis yang dilakukan dalam penelitian ini, menggunakan metode buttom-up dengan melakukan teknik co-precipitation. Co-precipitation merupakan suatu teknik yang dilakukan secara kimiawi dengan mencampurkan satu atau lebih material dengan zat pelarut, dimana pada proses pencampuran dilakukan titrasi untuk memecah partikel suatu material tersebut dengan cairan precipitate, seperti NaOH (natrium hydroxide) atau cairan kimiawi lainnya yang bertujuan untuk mendispersikan partikel dalam zat pelarut, sehingga dapat memecah senyawa, atom dan molekul serta mengurangi aglomerasi (Cammarata, 1996; Edelstein & Cammarata, 1998).

Material yang dapat disintesis dengan menggunakan metode *buttom*, yaitu *Iron (III) Oxide* dan *Cobalt Ferrite*. Sintesis *cobalt ferrite* memerlukan dua material utama, yaitu cobalt nitrate ($\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dan iron nitrate ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). sedangkan sintesis *iron (III) oxide* memerlukan material utama, yaitu Iron chlorides hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) serta Mohr’s salt ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dimana material-material tersebut sangat mudah di dapat serta hasil sintesisnya menunjukkan perubahan sifat yang sangat baik. Sintesis *iron (III) oxide* dan *cobalt ferrite* tersebut memerlukan cairan *precipitate*, seperti NaOH untuk memecah partikel, senyawa dan atom (Yazirin et al., 2017). Langkah-langkah sintesis nano material *Iron (III) Oxide* dan *Cobalt Ferrite* dapat dilihat pada Gambar 3-4.



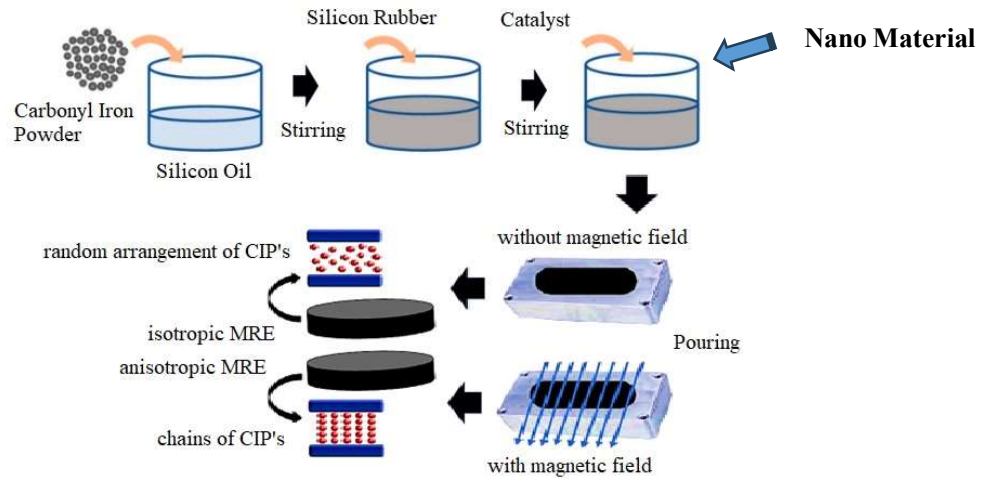
Gambar 3. Material yang disiapkan



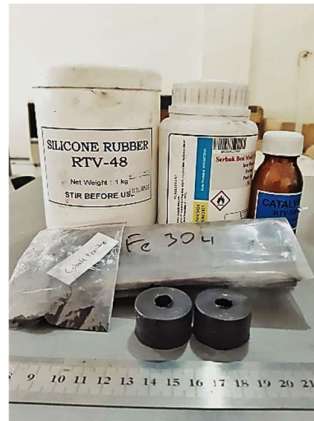
Gambar 4. Langkah sistesis Nano Material *Iron (III) Oxide* dan *Cobalt Ferrite*

3. Membuat MRE.

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matrik sebagai pengikat/pelindung komposit dan penguat (reinforcement) atau filler sebagai pengisi komposit. MRE ini dibuat pertama kali oleh Jacob Robinov pada tahun 1948 terdiri dari 3 komponen, yaitu serbuk karet alam sebagai matrik, Silicon Oil, dan Carbon Iron Particle (CIP) sebagai filler (6). MRE memiliki sifat reologi yang dapat berubah dan kembali seperti semula karena merespon sebuah medan magnet yang diberikan. Sifat-sifat yang dapat diubah meliputi stiffness, redaman (damping), dan modulus. Karena sifat reologinya tersebut, MRE sekarang banyak digunakan sebagai aktuator, sensor, media peredam dan isolator getaran (18). Untuk membuat MRE harus mencampur terlebih dahulu partikel magnetik CIP ke dalam matrik Silicon Oil, karet alam atau karet Polybutadiene. Setelah dilakukan pencampuran, dilakukan pencetakan dan proses curing. MRE diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu: isotropic dan anisotropik. Isotropic berarti selama proses curing, MRE tidak diletakkan pada medan magnet, sehingga partikel magnetik MRE menyebar secara acak. Anisotropik berarti selama proses curing, MRE diletakkan pada medan magnet, sehingga partikel magnetik memiliki sebaran teratur yang berbentuk memanjang mengikuti arah medan magnet (6,18,19). Proses pembuatan MRE secara detil dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan hasil cetakan dan sudah dilakukan pouring dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Langkah Pembuatan Smart Material di tambah Nano Material



Gambar 6. Hasil cetakan MRE yang sudah pouring

4. Uji Laboratorium Menggunakan SEM EDX

Pengujian menggunakan SEM EDX dilakukan untuk mengetahui kandungan material dari sampel MRE, MRE yang ditambah Cobalt Ferrite dan MRE yang ditambah Magnetit. Hasilnya diamati pada pengambilan gambar 5000 kali adalah sebagai berikut.

a. MRE

Element	Weight %	Atomic %
C	49.69	63.46
O	26.41	25.32
Si	17.18	9.38
Fe	6.72	1.84

b. MRE + Cobalt Ferrite

Element	Weight %	Atomic %
C	48.36	61.89
O	28.34	27.22
Si	16.46	9.01
Fe	6.85	1.88

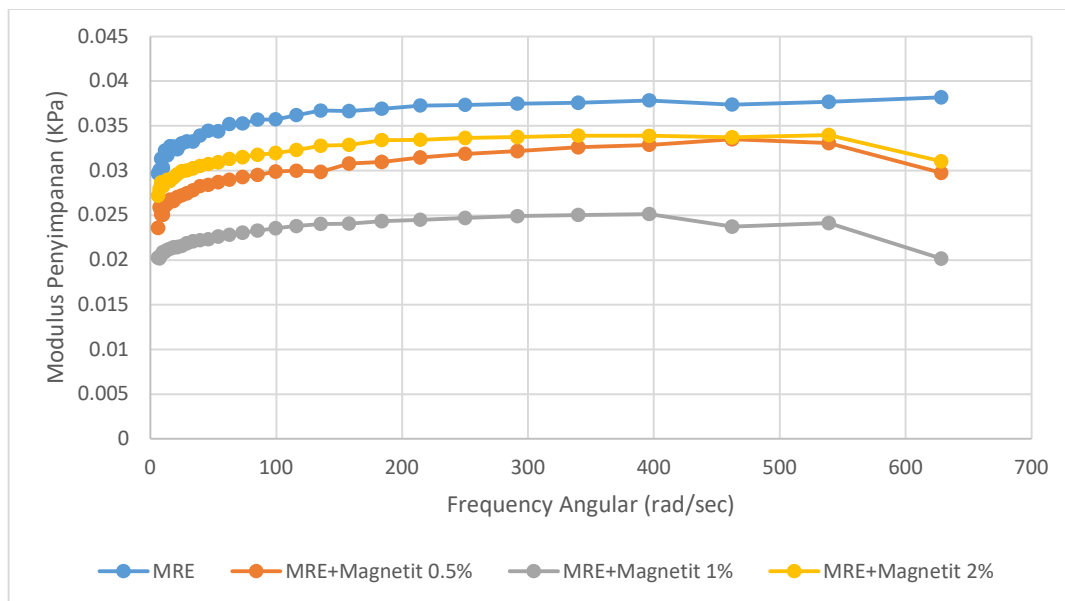
c. MRE + Magnetit

Element	Weight %	Atomic %
C	50.30	64.90
O	23.64	22.90
Si	18.13	10.00
Fe	7.93	2.20

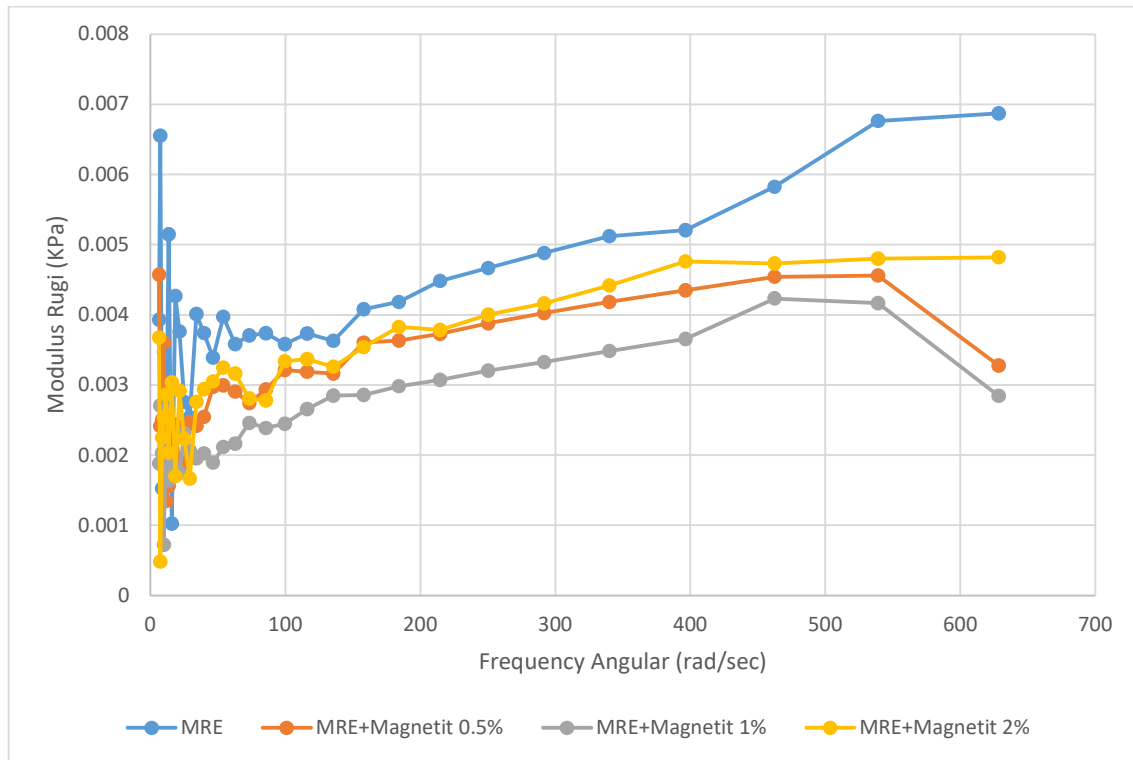
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa MRE di tambah Magnetit unsur C (carbon) meningkat, sehingga material bersifat konduktor meningkat. Ini sesuai dengan tujuan penelitian ini untuk mencari material yang sensitif terhadap medan magnet.

5. Uji Rheometer

Uji menggunakan Rheometer adalah pengujian untuk mengukur sifat reologi atau sifat alir material, khususnya fluida kental. Rheometer yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: Rheometer putar. Rheometer dapat digunakan untuk mengamati struktur internal bahan polimer, melakukan pemeriksaan mutu, dan pengendalian mutu bahan baku, produk proses, dan produk akhir. Rheometer dapat digunakan untuk mengukur berbagai sifat reologi suatu zat, seperti: Viskositas, Modulus elastisitas, Modulus penyimpanan, Modulus rugi, Modulus kompleks, Faktor kerugian, Viskositas geser nol, Viskositas dinamis. Nilai Modulus Penyimpanan dan Modulus Rugi dapat dilihat pada Gambar 7-8.



Gambar 7. Modulus Penyimpanan Material MRE yang di tambah material Nano Magnetit



Gambar 8. Modulus Rugi Material MRE yang di tambah material Nano Magnetit

Berdasarkan Gambar 7-8 di atas, bahwa jika material MRE ditambah Magnetit makin banyak di atas 1%, makin tinggi nilai Modulus Penyimpanan dan Modulus Rugi. Nilainya mendekalti nilai dari material MRE yang tidak ditambah material nano.

6. Fabrikasi Test Rig Reduksi Getaran

Fabrikasi test rig dilakukan di VEDC, Malang dengan hasil seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Fabrikasi Test Rig.

Pengukuran medan magnet yang dihasilkan menggunakan Gauss Meter pada test rig yang telah diberi MRE sebesar 0.058 T ketika kumparan kawat AWG-18 diberi aliran arus listrik sebesar 2 ampere seperti dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Medan Magnet yang Dihasilkan

Sedangkan pada Gambar 11, diskusi dengan team penelitian dari bapak Dr. Sigit Tri Wicaksono, dari Departemen Teknik Material dan Metalurgi dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan diskusi dengan team penelitian dari bapak Prof. Dr. Ubaidillah dari Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Diskusi dengan bapak Dr. Sigit Tri Wicaksono, di ITS



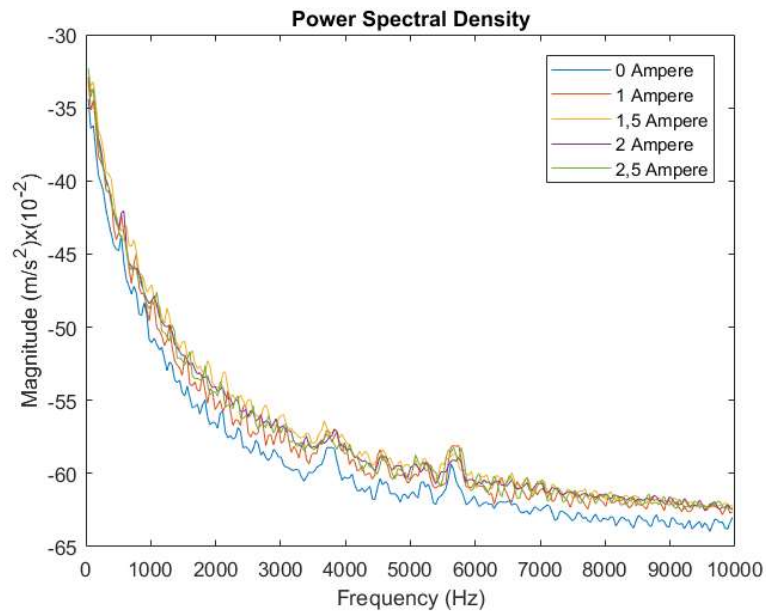
Gambar 12. Diskusi dengan bapak Prof. Dr. Ubaidillah, di UNS

7. Eksperimen

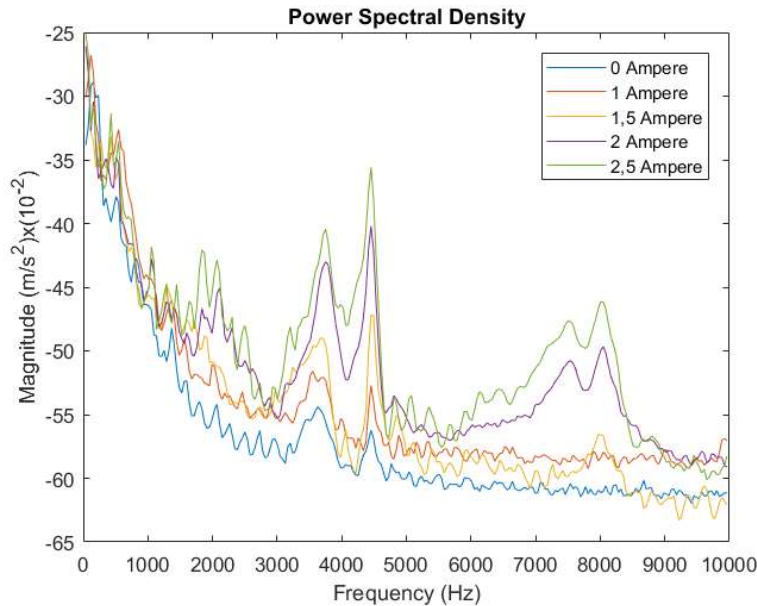
Instalasi peralatan-peralatan yang digunakan untuk eksperimen isolasi vibrasi dapat dilihat pada Gambar 13. Motor DC digunakan sebagai sumber getaran yang berada di samping isolator vibrasi. Kawat AWG-18 dialiri arus listrik yang bervariasi 0-2.5 Ampere dari power supply untuk menghasilkan medan magnet yang merubah kekakuan karet MRE yang dicampur material nano Magnetit. Sinyal Power Spectral Density untuk hasil eksperimen besar arus pada material MRE dapat dilihat pada Gambar 14 dan MRE yang ditambah material nano dapat dilihat pada Gambar 15. Tampak bahwa ketika MRE sudah ditambah material nano, semakin sensitif terhadap medan magnet yang diberikan dari luar tersebut dalam melakukan reduksi vibrasi.



Gambar 13. Test Rig isolator getaran secara lengkap



Gambar 14. Power Spectral Density MRE



Gambar 15. Power Spectral Density MRE ditambah material nano Magnetit

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran melalui BIMA.

Jenis luaran wajib yang dijanjikan:

1 Artikel di Jurnal Bereputasi Internasional. Artikel telah **publish** di jurnal **Advances in Science and Technology Research Journal (ASTRJ)**, **Terindex Scopus, Q3**, pada tanggal 1 November 2024.

Status ketercapaian:

Status artikel sampai saat ini sudah dalam status “**published**”.

Semua bukti berupa artikel, bukti telah submit dan status terkini dari artikel tersebut dapat dilihat pada link berikut ini, <https://s.id/k7QUg>.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:

Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (Fundamental, Pascasarjana, PKDN, Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

Penelitian fundamental reguler ini, tidak ada kerjasama dengan mitra.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang sangat dirasakan adalah melakukan antrian yang panjang jika mengirim sampel untuk uji material di Laboratorium milik universitas negeri, misalnya di Laboratorium Terpadu milik UM dan di UI yang memerlukan waktu beberapa bulan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana selanjutnya adalah pengembangan penelitian material MRE yang ditambah material nano untuk dapat diterapkan ke aplikasi peredam getaran sebenarnya di dunia nyata. Misalnya sebagai peredam kendaraan otomotif, motor listrik, dan lain-lain.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Kumbhar SR, Maji S, Kumar B. Automotive Vibration and Noise Control using Smart Materials: A State of Art and Challenges. *World Journal of Engineering*. 2014 Aug 1;11(4):413–20.
2. Siagian B, Roestam AW, Soemarko DS, Hirawan S, Widyahening IS, Wibowo S. Chronic Lower Back Pain and Its Relationship with Vibration Exposure and Sitting Duration; A Cross-Sectional Study Among Commercial Motorcycle Driver. *The Indonesian Journal of Community and Occupational Medicine*. 2022;1(3):154–61.
3. Evayanti L, Retayasa K. The Difference of Musculoskeletal Disorders Between Taxi Drivers and Taxi Motorcyclists in Kuta District. In *European Alliance for Innovation*; 2020. p. 167.
4. Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. Measurement of Whole-Body Vibration in Taxi Drivers. *Journal of Occupational Health*. 2004;46(2):119–24.
5. Abdelkareem MA, Xu L, Ali MKA, Elagouz A, Mi J, Guo S, et al. Vibration Energy Harvesting in Automotive Suspension System: A Detailed Review. *Applied Energy*. 2018;229:672–99.
6. Khayam SU, Usman M, Umer MA, Rafique A. Development and Characterization of a Novel Hybrid Magnetorheological Elastomer Incorporating Micro and Nano Size Iron Fillers. *Materials & Design*. 2020;192:108748.
7. Liu T, Xu Y. Magnetorheological Elastomers: Materials and Applications. In: Dong X, editor. *Smart and Functional Soft Materials* [Internet]. IntechOpen; 2019 [cited 2023 Apr 3]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/smart-and-functional-soft-materials/magnetorheological-elastomers-materials-and-applications>
8. Priyandoko G, Suwandono P. Development of Vibration Isolator using Magnetorheological Elastomer Material Based. *Journal of Applied Engineering Science*. 2021;19(4):1108–13.
9. Khairi MHA, Noor EEM, Ubaidillah U, Aziz SAA, Mazlan SA, Tarmizi SMA, et al. Enhancement of Magneto-Induced Modulus by the Combination of Filler and Plasticizer Additives-Based Magnetorheological Elastomer. *Materials*. 2022;15(18):6396.
10. Priyandoko G, Kurniawan T, Naga E. Magnetorheological Elastomer Stiffness Control for Tunable Vibration Isolator. In: *Proceeding of the EECSE 16-18 October 2018*. 2018. p. 310–3.
11. Priyandoko G, Kurniawan T, Soffie SM. Vibration Control of Magnetorheological Elastomer Beam Sandwich. In: *Proceeding of the EECSE 16-18 October 2018*. 2018. p. 341–4.

12. Johari MAF, Mazlan SA, Nasef MM, Ubaidillah U, Nordin NA, Aziz SAA, et al. Microstructural Behavior of Magnetorheological Elastomer Undergoing Durability Evaluation by Stress Relaxation. *Scientific reports*. 2021;11(1):1–17.
13. Kumara KAD, Ubaidillah U, Yahya I, Priyandoko G, Wibowo W. Magnetostatic Simulation in a Novel Magnetorheological Elastomer Based Loudspeaker Surround. In *IEEE*; 2019. p. 295–9.
14. Nya'Ubit IR, Priyandoko G, Imaduddin F, Adiputra D. Torque Characterization of T-Shaped Magnetorheological Brake Featuring Serpentine Magnetic Flux. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 2020;78(2):85–97.
15. Liu S, Yu B, Wang S, Shen Y, Cong H. Preparation, Surface Functionalization and Application of Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020;281:102165.
16. Widanarto W, Fauzi FN, Cahyanto WT, Effendi M. Peningkatan Sifat Magnetik Material Hematit Melalui Substitusi Barium dan Kontrol Temperatur Sintering. *Berkala Fisika*. 2015;18(4):125–30.
17. Sharifianjazi F, Moradi M, Parvin N, Nemati A, Rad AJ, Sheysi N, et al. Magnetic CoFe₂O₄ Nanoparticles Doped with Metal Ions: A Review. *Ceramics International*. 2020;46(11):18391–412.
18. Wibawa V, Ubaidillah U, Wibowo. Magnetorheological Elastomers Berbasis Lateks Cair Sebagai Matriks Utama. *JTMI*. 2019 Oct 7;14(2):64–71.
19. Bastola AK, Hossain M. A Review on Magneto-Mechanical Characterizations of Magnetorheological Elastomers. *Composites Part B: Engineering*. 2020 Nov;200:108348.
20. Priyandoko G, Mailah M, Jamaluddin H. Vehicle Active Suspension System using Skyhook Adaptive Neuro Active Force Control. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2009;23(3):855–68.
21. Ubaidillah, Sutrisno J, Purwanto A, Mazlan SA. Recent Progress on Magnetorheological Solids: Materials, Fabrication, Testing, and Applications: Recent Progress on Magnetorheological Solids *Adv Eng Mater*. 2015 May;17(5):563–97.