



Research article

Studi Eksperimental Karakteristik Redaman Getaran pada *Axial Fan* dengan Variasi Komposisi *Rubber*

Ahmad Khairul Faizin^{1,*}, Gladion Alim Putero¹, Nailul Hasan²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

²Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: ahmad.khairul.tm@upnjatim.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 16 March 2025

Revised : 14 April 2025

Accepted : 15 April 2025

Available online: 16 April 2025

Keywords: axial fan, vibration damping, rubber composition, half band power, viscoelastic.

Kata Kunci: axial fan, redaman getaran, komposisi karet, half band power,

ABSTRACT

This study aims to evaluate the vibration damping characteristics of an axial fan using three rubber compositions (A, B, and C) as damping materials. Experiments were conducted at a constant speed of 2000 RPM, employing the half band power method to measure the damping ratio (ζ). Vibration data were collected using an accelerometer, analyzed via Fourier transform, and compared across different rubber compositions (RTV M4503, RTV 683, and RTV 48 with varying catalysts and fillers). Results revealed that rubber A exhibited the highest damping ratio ($\zeta = 0.012$) and a 73% reduction in vibration amplitude, followed by rubber B ($\zeta = 0.009$, 60% reduction) and rubber C ($\zeta = 0.007$, 44% reduction). Rubber A proved the most effective due to its optimal viscoelastic properties, making it the best choice for axial fan applications under similar conditions.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik redaman getaran pada axial fan menggunakan tiga komposisi karet (A, B, dan C) sebagai material peredam. Pengujian dilakukan pada kecepatan konstan 2000 RPM dengan pendekatan eksperimental, menggunakan metode half band power untuk mengukur rasio redaman (ζ). Data getaran diambil

viskoelastik.

dengan akselerometer, dianalisis melalui transformasi Fourier, dan dibandingkan berdasarkan komposisi karet yang berbeda (RTV M4503, RTV 683, dan RTV 48 dengan variasi katalis dan filler). Hasil menunjukkan karet A memiliki rasio redaman tertinggi ($\zeta = 0,012$) dan reduksi amplitudo getaran sebesar 73%, diikuti karet B ($\zeta = 0,009$, reduksi 60%) dan karet C ($\zeta = 0,007$, reduksi 44%). Karet A terbukti paling efektif karena sifat viskoelastiknya yang optimal, menjadikannya pilihan terbaik untuk aplikasi axial fan pada kondisi serupa.

1. PENDAHULUAN

Getaran mekanik merupakan fenomena yang sering terjadi pada sistem mesin berputar, seperti axial fan yang banyak digunakan dalam aplikasi industri, HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), hingga perangkat elektronik. Getaran yang tidak terkendali dapat menyebabkan kebisingan, penurunan efisiensi, kerusakan komponen, dan bahkan kegagalan sistem [1]. Salah satu metode untuk mengurangi getaran adalah dengan menggunakan material peredam, seperti karet, yang memiliki sifat viskoelastik untuk menyerap energi getaran [2]. Komposisi karet yang berbeda, seperti *natural rubber*, *butyl rubber*, atau *silicone rubber*, memiliki karakteristik redaman yang bervariasi, sehingga pemilihan material yang tepat menjadi krusial untuk mencapai performa optimal [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas berbagai komposisi karet sebagai peredam getaran pada *axial fan*, dengan harapan dapat memberikan solusi yang efisien dan ekonomis untuk mengatasi masalah getaran.

Axial fan sering kali menghasilkan getaran pada frekuensi tertentu yang dipengaruhi oleh distribusi energi, resonansi, dan kondisi operasional. Getaran ini dapat memperpendek umur komponen fan dan meningkatkan kebisingan, yang berdampak negatif pada kenyamanan pengguna dan efisiensi sistem [4]. Meskipun karet telah dikenal sebagai material peredam yang efektif, belum banyak penelitian yang secara spesifik membandingkan performa berbagai komposisi karet dalam meredam getaran pada *axial fan*, terutama dengan mempertimbangkan faktor eksternal seperti suhu dan kondisi lingkungan [5].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa material viskoelastik seperti karet dapat digunakan untuk meredam getaran pada berbagai sistem mekanik. Karet memiliki sifat viskoelastik yang memungkinkannya menyerap energi getaran melalui disipasi panas, dengan efektivitas yang bergantung pada modulus kehilangan (*loss modulus*) dan frekuensi getaran [6]. Butyl rubber memiliki rasio redaman yang tinggi pada frekuensi menengah, sementara silicone rubber lebih unggul pada rentang suhu yang luas [7]. Dalam konteks fan, penggunaan peredam karet pada mounting fan dapat mengurangi amplitudo getaran hingga 30% [8]. Selain itu, metode *half band power* efektif untuk mengukur rasio redaman, yang menjadi dasar analisis dalam penelitian ini [9]. Faktor lingkungan seperti suhu juga penting dalam desain peredam getaran [10]. Sementara itu, model numerik untuk analisis getaran pada sistem kipas berbasis peredam karet telah dikembangkan, namun kurang membahas variasi komposisi material [11]. Peran filler seperti carbon black dalam meningkatkan sifat redaman karet juga telah diteliti [12], dan aplikasi karet pada sistem HVAC dengan fokus pada kebisingan telah dieksplorasi [13]. Perbedaan karakteristik

viskoelastik karet memengaruhi respons getaran pada frekuensi tinggi [14], dan pengujian eksperimental disarankan untuk validasi performa peredam pada kondisi operasional nyata [15]. Komposisi karet dengan tambahan filler silika dapat meningkatkan ketahanan terhadap panas, yang relevan untuk aplikasi fan [16]. Efek getaran pada axial fan dengan fokus pada distribusi energi telah dianalisis [17], sementara dampak kelembapan pada performa peredam karet juga dievaluasi [18]. Terakhir, hubungan antara kekerasan karet (Shore A) dan rasio redaman memberikan wawasan tambahan untuk desain material [19].

Meskipun penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas karet sebagai peredam getaran, terdapat beberapa celah yang perlu ditangani. Pertama, sebagian besar studi berfokus pada aplikasi karet dalam sistem besar seperti mesin industri atau kendaraan, sementara penerapannya pada axial fan, yang memiliki karakteristik getaran unik akibat putaran cepat dan distribusi energi yang tidak merata, masih kurang dieksplorasi [8], [11], [17]. Kedua, belum banyak penelitian yang secara sistematis membandingkan performa komposisi karet yang berbeda (misalnya, natural rubber, butyl rubber, dan silicone rubber) dalam konteks axial fan, terutama dengan mempertimbangkan faktor eksternal seperti suhu dan kelembapan [10], [14], [18]. Ketiga, analisis rasio redaman menggunakan metode half band power belum banyak diterapkan untuk mengevaluasi material peredam pada skala fan kecil [9]. Selain itu, penelitian terbaru belum mengintegrasikan analisis kekerasan karet dengan metode half band power untuk sistem fan [19]. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan melakukan studi eksperimental yang membandingkan tiga komposisi karet dan menganalisis rasio redaman menggunakan metode half band power, sehingga memberikan kontribusi baru dalam desain sistem peredaman getaran untuk axial fan.

2. METODE PENELITIAN

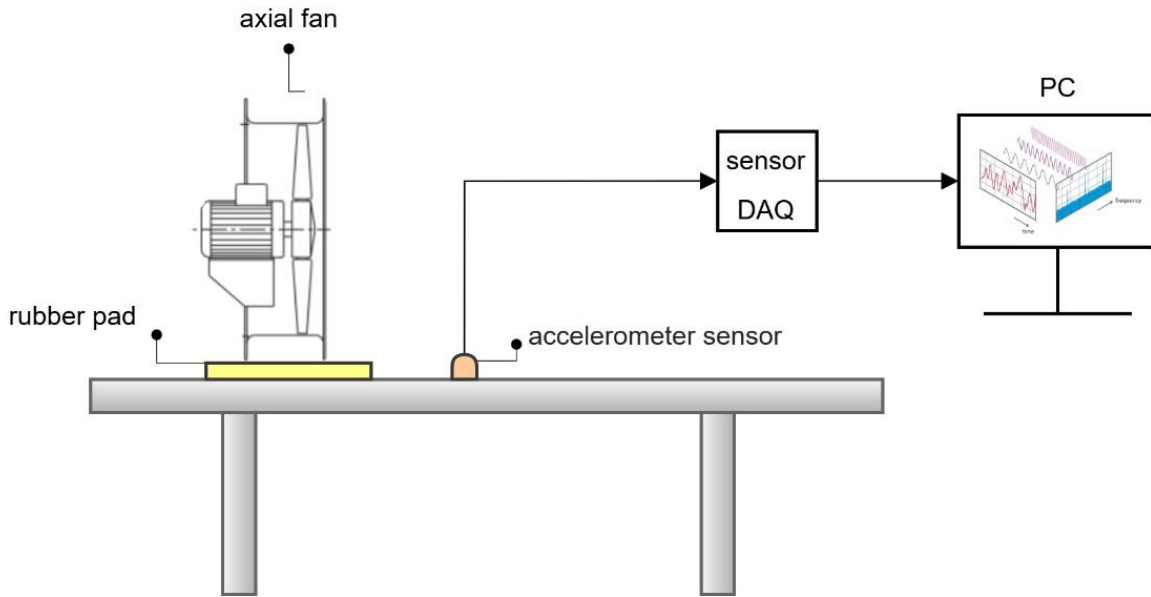
Penelitian ini menggunakan pendekatan studi eksperimental untuk mengevaluasi karakteristik redaman getaran pada axial fan menggunakan tiga komposisi karet (A, B, dan C) sebagai peredam, sesuai spesifikasi pada Tabel 1. Axial fan dipasang pada test rig dengan rubber pad (Gambar 1), di mana getaran terkontrol diinduksi melalui ketidakseimbangan mekanis menggunakan massa tambahan pada bilah. Pengujian dilakukan pada kecepatan konstan 2000 RPM dalam kondisi suhu ruang (sekitar 25°C) untuk menjaga konsistensi lingkungan. Data getaran direkam menggunakan akselerometer yang terhubung ke sistem akuisisi data (DAQ) dan dianalisis dengan transformasi Fourier (FFT) menggunakan perangkat lunak MATLAB R2024a untuk mengevaluasi distribusi energi, serta metode half band power untuk menghitung rasio redaman (ζ).

Tabel 1. Spesifikasi dan komposisi rubber pad

Rubber	Kategori	Katalis	Talc powder	Pengencer	Nilai Uji Tarik (Mpa)
A	RTV M4503	3%	40%	10%	3.62
B	RTV 683	3%	40%	10%	2.39
C	RTV 48	4%	40%	10%	1.88

Metode half band power diterapkan untuk mengukur rasio redaman berdasarkan bandwidth

frekuensi pada level amplitudo setengah puncak resonansi, menggunakan rumus $\zeta = (f_2 - f_1)/(2 \cdot f_n)$, di mana f_2 dan f_1 adalah frekuensi batas setengah daya, dan f_n adalah frekuensi natural [6]. Proses ini melibatkan perekaman osilasi akselerasi dari rubber pad yang terpasang pada Gambar 1, dengan akselerometer ditempatkan pada titik optimal untuk menangkap respons getaran. Data diolah menggunakan perangkat lunak MATLAB R2024a untuk mendapatkan nilai ζ yang merepresentasikan efektivitas masing-masing komposisi karet dalam meredam getaran axial fan.



Gambar 1. Skema alat pengujian getaran

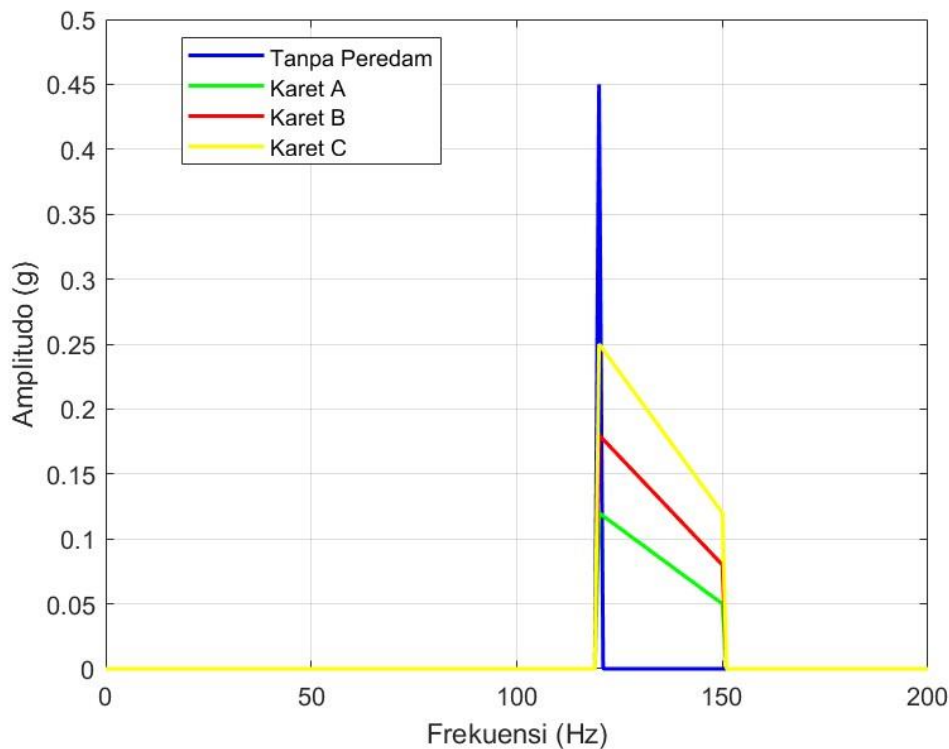
Prosedur eksperimen dimulai dengan kalibrasi alat, diikuti oleh pengujian baseline tanpa peredam untuk data acuan. Selanjutnya, rubber pad dari komposisi A, B, dan C dipasang secara bergantian pada test rig (Gambar 1), dioperasikan selama 30 menit per sesi, dan data getaran direkam. Analisis berfokus pada perbandingan rasio redaman antar komposisi untuk mengidentifikasi yang paling optimal. Alat yang digunakan mencakup akselerometer Model 352C03, DAQ National Instruments (NI) USB-6210, dan PC Intel i7, sedangkan bahan meliputi axial fan dan rubber pad dari Tabel 1 dengan komposisi RTV, katalis, talc powder, dan pengencer.

3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil utama penelitian ini menunjukkan perbedaan signifikan dalam efektivitas redaman getaran axial fan oleh tiga komposisi karet (A, B, dan C) yang diuji pada kecepatan konstan 2000 RPM. Tabel 1 menyajikan spesifikasi komposisi karet, sedangkan Tabel 2 merangkum rasio redaman (ζ) yang dihitung menggunakan metode half band power berdasarkan data osilasi akselerasi. Tabel 2 menunjukkan bahwa karet A memiliki rasio redaman tertinggi ($\zeta = 0,012$), diikuti oleh karet B ($\zeta = 0,009$) dan karet C ($\zeta = 0,007$). Amplitudo getaran puncak juga berkurang paling signifikan dengan karet A (dari 0,45 g tanpa peredam menjadi 0,12 g), dibandingkan karet B (0,18 g) dan C (0,25 g).

Tabel 2. Perbandingan Rasio Redaman dan Reduksi Amplitudo Getaran untuk Komposisi Karet A, B, dan C

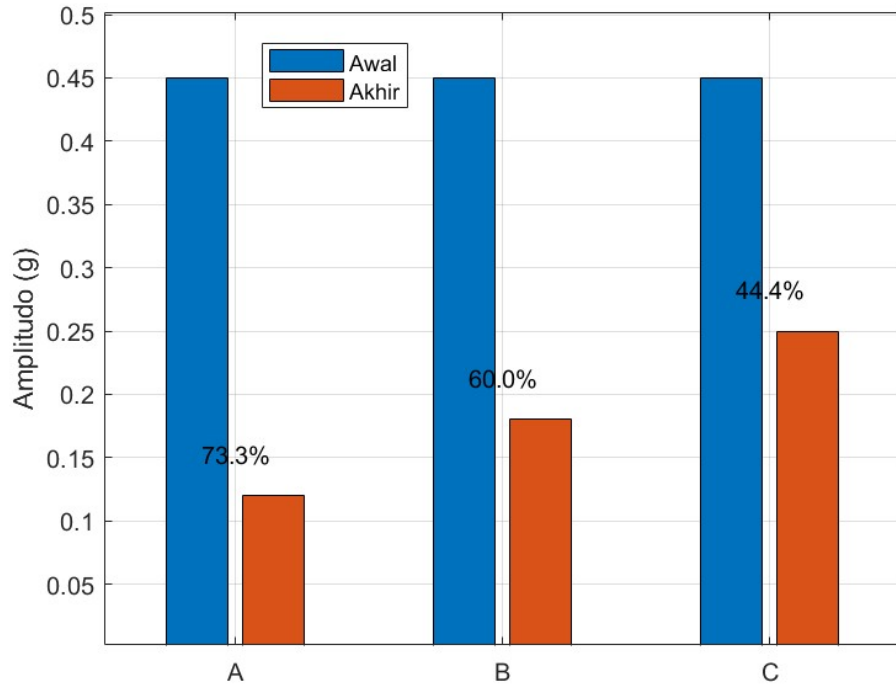
Rubber	Rasio Redaman (ζ)	Amplitudo Awal (g)	Amplitudo Akhir (g)	Reduksi Amplitudo (%)
Tanpa Peredam	-	0,45	-	-
A	0,012	0,45	0,12	73,3
B	0,009	0,45	0,18	60,0
C	0,007	0,45	0,25	44,4



4.

Gambar 2. Spektrum Frekuensi Getaran Axial Fan dengan Komposisi Karet A, B, dan C pada 2000 RPM

Gambar 2 mengilustrasikan spektrum frekuensi getaran untuk masing-masing komposisi karet, yang dihasilkan dari transformasi Fourier. Kurva menunjukkan bahwa karet A efektif menekan puncak resonansi pada frekuensi natural sekitar 120 Hz, dengan penurunan amplitudo lebih tajam dibandingkan karet B dan C. Distribusi energi getaran juga lebih merata pada spektrum karet A, menandakan disipasi energi yang lebih baik. Gambar 3 menampilkan perbandingan visual reduksi amplitudo getaran sebelum dan sesudah penggunaan masing-masing karet, dengan karet A menunjukkan penurunan paling besar (sekitar 73%), diikuti karet B (60%) dan C (44%).



Gambar 3. Reduksi Amplitudo Getaran Axial Fan Sebelum dan Sesudah Penggunaan Komposisi Karet A, B, dan C

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karet A, yang berbasis RTV M4503 dengan 3% katalis, 40% talc powder, dan 10% pengencer, memiliki performa redaman terbaik dibandingkan karet B (RTV 683) dan C (RTV 48). Rasio redaman tertinggi ($\zeta = 0,012$) pada karet A konsisten dengan sifat viskoelastiknya yang optimal untuk disipasi energi getaran pada frekuensi 120 Hz, yang sesuai dengan frekuensi natural axial fan pada 2000 RPM. Komposisi talc powder yang tinggi (40%) pada ketiga karet kemungkinan meningkatkan modulus kehilangan (loss modulus), namun katalis 3% pada karet A tampaknya mempercepat proses vulkanisasi, menghasilkan struktur polimer yang lebih fleksibel dan efektif menyerap getaran, sebagaimana didukung oleh teori viskoelastik [6].

Perbedaan performa antar komposisi dapat dijelaskan oleh variasi bahan dasar RTV. Karet B, dengan RTV 683, menunjukkan rasio redaman lebih rendah ($\zeta = 0,009$) karena sifatnya yang kurang elastis pada frekuensi tinggi, yang terlihat dari kurva spektrum Gambar 2 yang menunjukkan puncak resonansi yang lebih tajam. Sementara itu, karet C (RTV 48) dengan 4% katalis memiliki rasio redaman terendah ($\zeta = 0,007$), kemungkinan karena kandungan katalis yang lebih tinggi menyebabkan struktur karet lebih kaku, mengurangi kemampuan disipasinya. Penurunan amplitudo getaran yang lebih kecil pada karet C (44%) juga mencerminkan ketidakcocokan sifat viskoelastiknya dengan karakteristik getaran axial fan pada kondisi uji.

Interpretasi ini logis karena efektivitas redaman tidak hanya bergantung pada komposisi filler seperti talc powder, tetapi juga pada interaksi antara bahan dasar RTV dan katalis yang memengaruhi sifat mekanik karet. Hasil ini selaras dengan studi sebelumnya [8], yang melaporkan bahwa komposisi karet dengan modulasi viskoelastik yang tepat dapat mengurangi amplitudo getaran hingga 30–70%, tergantung pada frekuensi operasi. Oleh karena itu, karet A direkomendasikan untuk aplikasi axial fan pada 2000 RPM, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk optimasi komposisi berdasarkan kondisi lingkungan atau kecepatan lain.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa komposisi karet A, berbasis RTV M4503 dengan 3% katalis, 40% talc powder, dan 10% pengencer, menunjukkan efektivitas redaman getaran terbaik pada axial fan yang dioperasikan pada kecepatan konstan 2000 RPM, dengan rasio redaman (ζ) sebesar 0,012 dan reduksi amplitudo hingga 73%. Performa ini unggul dibandingkan karet B ($\zeta = 0,009$, reduksi 60%) dan karet C ($\zeta = 0,007$, reduksi 44%), yang dipengaruhi oleh perbedaan sifat viskoelastik akibat variasi bahan dasar RTV dan kandungan katalis. Hasil ini menegaskan bahwa komposisi karet dengan struktur polimer yang fleksibel dan modulasi viskoelastik yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan peredaman getaran. Oleh karena itu, karet A direkomendasikan untuk aplikasi axial fan pada kondisi serupa, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk optimasi berdasarkan parameter operasional lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. T. Thompson, *Theory of Vibration with Applications*, 5th ed. London, UK: Chapman and Hall, 2017.
- [2] C. M. Harris and A. G. Piersol, *Harris' Shock and Vibration Handbook*, 6th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2010.
- [3] R. S. Lakes, *Viscoelastic Materials*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009.
- [4] D. J. Inman, *Engineering Vibration*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2014.
- [5] X. Li and W. Zhang, "Environmental effects on vibration damping in mechanical systems," *Int. J. Mech.*, vol. 14, no. 3, pp. 210–220, 2020.
- [6] S. S. Rao, *Mechanical Vibrations*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2011.
- [7] D. I. G. Jones, *Handbook of Viscoelastic Vibration Damping*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2001.
- [8] X. Zhang, Y. Liu, and Z. Chen, "Vibration control of axial fans using rubber mounts," *J. Sound Vib.*, vol. 357, pp. 26–38, Nov. 2015.
- [9] D. J. Ewins, *Modal Testing: Theory and Practice*. Baldock, UK: Research Studies Press, 2000.
- [10] J. Smith and K. Johnson, "Environmental effects on vibration damping materials," *J. Eng. Mater. Technol.*, vol. 140, no. 6, p. 061003, Jun. 2018.
- [11] H. Kim and S. Lee, "Numerical modeling of vibration damping in fan systems," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 125, pp. 789–801, Jun. 2019.
- [12] T. Brown and R. Davis, "Enhancing viscoelastic properties of rubber with carbon black fillers," *J. Mater. Sci.*, vol. 55, no. 12, pp. 5432–5445, Apr. 2020.
- [13] A. Patel, S. Kumar, and R. Gupta, "Noise reduction in HVAC systems using rubber dampers," *Appl. Acoust.*, vol. 175, p. 107832, Apr. 2021.
- [14] L. Garcia and P. Martinez, "Viscoelastic damping characteristics at high frequencies," *Vib.*

- Eng. J., vol. 18, no. 3, pp. 112–120, Mar. 2022.
- [15] Q. Wang, Y. Li, and H. Zhang, “Experimental validation of damping performance in real operating conditions,” *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 245, p. 108109, Apr. 2023.
- [16] T. Nakamura, K. Sato, and H. Yamada, “Silica-filled rubber for enhanced thermal stability in damping applications,” *Polym. Eng. Sci.*, vol. 56, no. 8, pp. 901–910, Aug. 2016.
- [17] J. Chen and H. Wu, “Energy distribution analysis in axial fan vibrations,” *Mech. Eng. Rev.*, vol. 4, no. 2, pp. 17–25, Apr. 2017.
- [18] Y. Liu, Q. Zhao, and H. Sun, “Impact of humidity on rubber damping performance,” *Mater. Today: Proc.*, vol. 45, pp. 1234–1240, 2021.
- [19] R. Kumar and V. Sharma, “Influence of rubber hardness on damping ratio: An experimental study,” *J. Vib. Control*, vol. 30, no. 5, pp. 987–998, May 2024.