

EVALUASI KARAKTERISTIK GETARAN FAN BLOWER DENGAN DAN TANPA PEGAS PEREDAM

Tony Siagian^{1*}

¹*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,
Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia,
Jl. Teladan No 15 Medan. Telp: 061-7362927*

**Email: siagian.tony@upmi.ac.id*

ABSTRAK

Getaran berlebih pada fan blower dapat mempercepat kerusakan komponen, meningkatkan biaya perawatan, dan menimbulkan risiko kesehatan kerja apabila tidak dikendalikan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat korelasi getaran pada blower dengan variasi penggunaan pegas peredam (tanpa peredam, empat pegas, dan enam pegas) pada bagian poros blower, ditinjau dari arah vertikal, horizontal, dan aksial. Pengukuran dilakukan menggunakan *SKF Vibration Analyzer*, kemudian data amplitudo getaran diolah dengan analisis koefisien korelasi (r_{xy}) untuk membandingkan pola getaran antarkonfigurasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai r_{xy} sebesar 0,9793 pada konfigurasi enam pegas dibandingkan tanpa pegas, 0,9800 pada konfigurasi empat pegas dibandingkan tanpa pegas, dan 0,9959 pada konfigurasi enam pegas dibandingkan empat pegas, sehingga korelasi paling stabil dan terkuat terjadi antara konfigurasi enam dan empat pegas peredam. Temuan ini mengindikasikan bahwa penambahan jumlah pegas peredam tidak selalu menghasilkan penurunan getaran yang signifikan dibandingkan penggunaan pegas dalam jumlah lebih sedikit, sehingga diperlukan peninjauan kembali terhadap metode pemasangan blower serta pemilihan jenis peredam yang lebih sesuai dengan karakteristik dinamis mesin. Penelitian ini bermanfaat sebagai bahan evaluasi teknis bagi industri dalam menentukan strategi pengendalian getaran pada peralatan fan blower guna meningkatkan keandalan dan umur pakai mesin.

Kata kunci: *Getaran; Korelasi; Konfigurasi; Peredam*

ABSTRACT

Excessive vibration in a fan blower can accelerate component damage, increase maintenance costs, and pose occupational health risks if not properly controlled. This study aims to examine the correlation level of vibration in a blower under variations in the use of damping springs (without springs, four springs, and six springs) on the blower shaft, observed in the vertical, horizontal, and axial directions. Measurements were carried out using an SKF Vibration Analyzer, and the resulting amplitude data were processed using correlation coefficient (r_{xy}) analysis to compare vibration patterns across configurations. The results show correlation coefficients of 0.9793 for six springs versus zero springs, 0.9800 for four springs versus zero springs, and 0.9959 for six springs versus four springs, indicating that the strongest and most stable correlation occurred between the six- and four-spring configurations. These findings indicate that increasing the number of damping springs does not necessarily produce a significant reduction in vibration compared to using fewer springs, so the blower installation method and the selection of a more suitable damper type require further evaluation. This study is useful as a technical evaluation for industry in determining vibration-control strategies for fan blower equipment to improve machine reliability and service life.

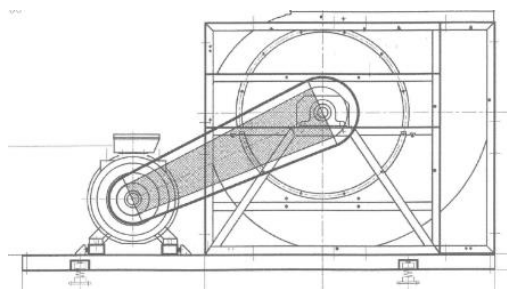
Key words: *Vibration; Correlation; Configuration; Damping*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Fan blower merupakan perangkat penting dalam sistem pengendalian partikel halus pada proses produksi. Alat ini berfungsi untuk menarik dan mengumpulkan partikel halus ke dalam silo penampungan, sebelum ditransfer kembali ke wadah khusus untuk diproses ulang. Penerapan sistem fan blower bertujuan mengurangi paparan partikel halus di area produksi, sehingga melindungi kesehatan pekerja dan meminimalkan dampak lingkungan melalui mekanisme penangkapan partikel yang dihasilkan selama proses berlangsung (Wang *et al.*, 2025). Penggunaan fan blower yang baik dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi sangat diperlukan sehingga tercapai tujuan yang diharapkan, yaitu menangkap partikel halus tersebut agar diperoleh proses kerja yang aman dan nyaman.

Fan blower bekerja dengan cara menghisap partikel halus dari masing-masing *hood* yang terpasang pada titik-titik lokasi yang telah ditentukan. Partikel halus tersebut kemudian ditarik oleh blower ke dalam silo pengumpul melalui *filter dust collector*; filter tersebut menyaring udara yang bercampur debu, debu ditahan pada permukaan filter dan selanjutnya dijatuhkan oleh *vibrator* ke dalam penampung sementara, sedangkan udara yang telah dipisahkan dari debu dikeluarkan ke udara luar (Zheng *et al.*, 2023). Ilustrasi konfigurasi fan blower beserta komponen utamanya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fan Blower (Zheng *et al.*, 2023)

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dijadikan kajian dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tingkat getaran yang terjadi pada fan blower ketika

beroperasi tanpa menggunakan sistem peredam?

2. Apakah penggunaan pegas peredam dapat meningkatkan keandalan dan umur pakai fan blower dengan mengurangi beban dinamis akibat getaran?

Tinjauan Pustaka

Getaran pada Konstruksi Mesin

Getaran pada mesin tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, namun apabila melebihi ambang batas aman, getaran dapat menimbulkan kerusakan komponen, meningkatkan biaya perawatan, menurunkan kenyamanan pengguna, bahkan menimbulkan risiko penyakit akibat kerja/PAK (Darabont *et al.*, 2025). Identifikasi bahaya di lingkungan kerja industri, termasuk paparan getaran berlebih, perlu dikelola secara sistematis agar risiko kecelakaan dan gangguan kesehatan kerja dapat ditekan (Syarif *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian tentang pengendalian getaran memiliki urgensi teknis dan medis (Nyarubeli *et al.*, 2026).

Penyebab Kegagalan akibat Getaran Berlebih

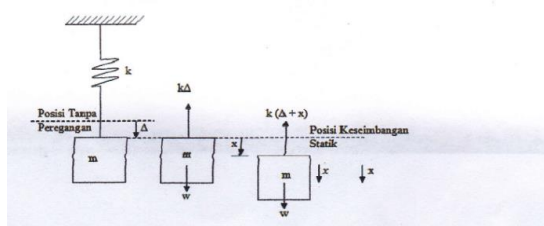
Kegagalan atau kerusakan mesin dapat didefinisikan sebagai terjadinya penyimpangan pada komponen yang mengakibatkan mesin tidak mampu mencapai kinerja yang dirancang (Cahyati *et al.*, 2024). Secara umum, sumber utama penyebab kerusakan komponen dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelompok besar, yaitu kesalahan perancangan, cacat material, kesalahan proses fabrikasi, dan kesalahan operasional (Forghani *et al.*, 2023). Faktor-faktor tersebut mencakup penyimpangan rancangan, cacat pada bahan, kesalahan dalam proses produksi, kesalahan pemasangan, serta faktor lain yang berkontribusi terhadap menurunnya keandalan mesin (Salawu *et al.*, 2023). Pemahaman terhadap klasifikasi penyebab kegagalan ini penting untuk mendukung strategi perawatan preventif dan peningkatan keandalan sistem permesinan.

Pengertian Getaran

Getaran (*vibration*) dapat didefinisikan sebagai gerakan osilasi suatu benda dalam interval waktu tertentu yang berlangsung secara bolak-balik terhadap titik kesetimbangannya (Madhuranthakam & Chakrapani, 2024). Fenomena ini erat kaitannya dengan gerak

osilasi suatu benda beserta gaya-gaya yang menyertainya. Pada dasarnya, setiap benda yang memiliki massa dan sifat elastisitas berpotensi mengalami getaran (Eltouny *et al.*, 2023), sehingga sebagian besar mesin dan struktur rekayasa senantiasa mengalami getaran hingga tingkat tertentu selama pengoperasiannya (Kawser *et al.*, 2024). Oleh karena itu, proses perancangan suatu sistem mekanis umumnya memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap karakteristik osilasi yang mungkin timbul (Silva-Navarro *et al.*, 2021).

Secara umum, getaran dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu getaran bebas (*free vibration*) dan getaran paksa (*forced vibration*) (Pamplona Berón *et al.*, 2026). Getaran bebas terjadi apabila suatu sistem beresilasi akibat gaya yang bersifat inheren pada sistem itu sendiri (Mahdi *et al.*, 2025), tanpa pengaruh gaya eksitasi dari luar sistem. Sistem yang mengalami getaran bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi alami (*natural frequency*), yaitu karakteristik dinamis sistem yang ditentukan oleh distribusi massa dan kekakuan (*stiffness*) sistem tersebut (Guo *et al.*, 2023). Dengan demikian, setiap sistem yang memiliki massa dan elastisitas berpotensi mengalami getaran bebas, yakni getaran yang timbul tanpa adanya rangsangan atau gaya eksitasi dari luar sistem (Kanwal *et al.*, 2024). Sistem pegas-massa sederhana yang merepresentasikan getaran bebas satu derajat kebebasan diperlihatkan pada Gambar 2.



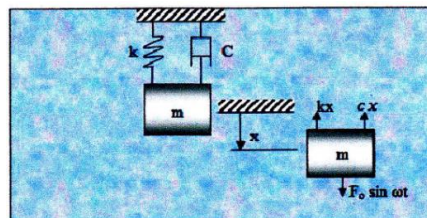
Gambar 2. Sistem Diagram Pegas-Massa (Kanwal *et al.*, 2024)

Hukum Newton kedua merupakan dasar untuk meneliti gerak sistem. Pada Gambar 2, perubahan bentuk pegas pada posisi keseimbangan adalah Δ dan gaya pegas $k\Delta$ sama dengan gaya gravitasi w yang bekerja pada massa m , yaitu $k\Delta = w = mg$. Dengan mengukur simpangan x dari posisi kesetimbangan statik, gaya-gaya yang bekerja pada m adalah $k(\Delta + x)$ dan w . Dengan x dipilih positif dalam arah ke bawah, seluruh besaran

gaya, kecepatan, dan percepatan juga bernilai positif dalam arah ke bawah.

Getaran Paksa

Getaran paksa adalah getaran yang terjadi akibat rangsangan gaya luar; apabila rangsangan tersebut beresilasi, sistem akan dipaksa bergetar pada frekuensi rangsangan tersebut. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, akan terjadi keadaan resonansi dan osilasi besar yang berpotensi berbahaya, misalnya kerusakan pada struktur besar seperti jembatan, gedung, ataupun sayap pesawat terbang. Model getaran paksa dengan sistem teredam akibat eksitasi harmonik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Getaran Paksa

Gambar 3 menunjukkan sistem yang teredam akibat kekentalan dengan eksitasi harmonik, dengan persamaan diferensial gerak: $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t$. Solusi khusus dari persamaan tersebut merupakan keadaan tunak (*steady state*) dengan frekuensi ω yang sama dengan frekuensi eksitasi, yang dapat diasumsikan berbentuk $x = X \sin(\omega t - \phi)$, dengan X adalah amplitudo osilasi dan ϕ adalah beda fase simpangan terhadap gaya eksitasi.

Analisis Getaran

Analisis getaran (*vibration analysis*) merupakan salah satu metode yang bermanfaat sebagai sarana deteksi dini (*early detection*) terhadap potensi permasalahan mekanikal, elektrik, maupun proses pada peralatan, mesin-mesin, dan sistem produksi yang beroperasi secara kontinu di lingkungan pabrik (Romanssini *et al.*, 2023). Selain sebagai alat prediksi, teknik analisis getaran juga digunakan sebagai metode diagnostik yang dapat diterapkan untuk berbagai keperluan (Hassan *et al.*, 2024), antara lain pengujian penerimaan, pengendalian mutu, deteksi komponen yang mengalami kelonggaran, pengendalian kebisingan, deteksi kebocoran, desain dan rekayasa mesin, serta optimasi proses produksi.

Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi merupakan angka indeks yang menggambarkan tingkat hubungan antara dua rangkaian data yang saling dikaitkan (Zheng & Cao, 2022). Dengan kata lain, koefisien korelasi dapat didefinisikan sebagai ukuran atau indeks yang menyatakan derajat hubungan antara dua variabel (Rusakov, 2023), dengan nilai yang berkisar antara -1 hingga $+1$. Pendekatan koefisien korelasi ini telah pula diterapkan pada studi getaran mesin forklift, yang menunjukkan bahwa arah pengukuran vertikal cenderung memiliki tingkat korelasi getaran paling kuat dibandingkan arah horizontal (Siagian, 2022), sehingga metode ini relevan digunakan untuk membandingkan pola getaran antarkonfigurasi peredam pada penelitian ini. Rumusan koefisien korelasi tersebut dinyatakan sebagai berikut: $r_{xy} =$ koefisien korelasi variabel X dan Y; x = selisih antara X dengan rata-rata X; dan y = selisih antara Y dengan rata-rata Y.

Berdasarkan uraian latar belakang dan tinjauan pustaka di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik tingkat getaran pada fan blower dalam tiga konfigurasi pegas peredam, yaitu tanpa peredam, empat pegas, dan enam pegas, pada arah vertikal, horizontal, dan aksial, serta menganalisis tingkat korelasi antarkonfigurasi tersebut guna menentukan konfigurasi peredam yang paling efektif dalam menstabilkan tingkat getaran dan meningkatkan keandalan operasional blower.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah sistematis yang meliputi persiapan penelitian, identifikasi permasalahan yang akan dibahas, pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian, penelusuran pustaka, analisis dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran.

Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa metode, yaitu:

- Data primer, yaitu data yang diperoleh melalui laporan hasil pengujian, pengamatan saat pengoperasian, dan pembacaan putaran mesin.
- Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari hasil penelusuran terhadap berbagai

literatur yang sesuai dengan bidang vibrasi (getaran).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data Amplitudo

Data yang telah dikumpulkan diolah sebagai bahan evaluasi sesuai dengan metodologi penelitian yang digunakan, kemudian diinterpretasikan berdasarkan hasil yang diperoleh. Tabel 1 menyajikan data pengukuran tingkat getaran (mm/s) pada arah vertikal, horizontal, dan aksial untuk tiga konfigurasi pegas peredam, yaitu tanpa peredam (0 pegas), empat pegas, dan enam pegas. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai amplitudo getaran pada masing-masing arah pengukuran berfluktuasi mengikuti perubahan jumlah pegas peredam yang digunakan, tanpa memperlihatkan pola penurunan yang konsisten seiring bertambahnya jumlah pegas peredam yang dipasang.

Tabel 1. Tingkat Getaran (mm/s) dengan Variasi Pegas Peredam

Point ID	# Vibration Spring Isolator		
	6	4	0
DE- Horizontal	11.267	7.253	7.077
DE- Vertikal	21.208	16.424	22.137
DE- Aksial	56.856	56.94	55.166
NDE- Horizontal	12.33	12.25	8.563
NDE- Vertikal	15.339	13.002	19.684
NDE - Aksial	64.299	59.824	53.299
Rata-rata	30.217	27.616	27.654

Selanjutnya, data amplitudo tersebut diolah dengan analisis koefisien korelasi (r_{xy}) untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antarpola getaran pada setiap pasangan konfigurasi pegas peredam. Tabel 2 menyajikan hasil perhitungan korelasi tingkat getaran antara konfigurasi enam pegas peredam dan tanpa pegas peredam, dengan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,9793.

Tabel 2. Korelasi Tingkat Getaran Menggunakan Pegas Peredam 6 vs 0

Point ID	Isolator-6	Isolator-0	x	y	xy	x ²	y ²
DE- Hor	11,267	7,077	-18,9495	-20,577333	389,93	359,08	423,43
DE- Ver	21,208	22,137	-9,0085	-5,5173333	49,70	81,15	30,44
DE- Aks	56,856	55,166	26,6395	27,511667	732,90	709,66	756,89
NDE- Hor	12,33	8,563	-17,8865	-19,091333	341,48	319,93	364,48
NDE- Ver	15,339	19,684	-14,8775	-7,9703333	118,58	221,34	63,53
NDE - Aks	64,299	53,299	34,0825	25,644667	874,03	1161,62	657,65
Total	181,299	165,926	0	0,00	2506,62	2852,78	2296,41
avX	30,217						
avY		27,654					
Tot. x ² ,y ²	6551170,223						
ny	0,9793						

Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan korelasi tingkat getaran antara konfigurasi empat pegas peredam dan tanpa pegas peredam, dengan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,9800, sedikit lebih tinggi dibandingkan korelasi pada konfigurasi enam pegas terhadap tanpa pegas.

Tabel 3. Korelasi Tingkat Getaran Menggunakan Pegas Peredam 4 vs 0

Point ID	Isolator-4	Isolator-0	x	y	xy	x ²	y ²
DE- Hor	7,253	7,077	-20,3625	-20,577333	419,01	414,63	423,43
DE- Ver	16,424	22,137	-11,1915	-5,5173333	61,75	125,25	30,44
DE- Aks	56,94	55,166	29,3245	27,511667	806,77	859,93	756,89
NDE- Hor	12,25	8,563	-15,3655	-19,091333	293,35	236,10	364,48
NDE- Ver	13,002	19,684	-14,6135	-7,9703333	116,47	213,55	63,53
NDE- Aks	59,824	53,299	32,2085	25,644667	825,98	1037,39	657,65
Total	165,693	165,926	0	0,00	2523,32	2886,85	2296,41
avX	27,616						
avY	27,654						
Tot. x2,y2	6629396,509						
rx	0,9800						

Tabel 4 menyajikan hasil perhitungan korelasi tingkat getaran antara konfigurasi enam pegas peredam dan empat pegas peredam, dengan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,9959, yaitu nilai korelasi tertinggi di antara ketiga pasangan konfigurasi yang dibandingkan.

Tabel 4. Korelasi Tingkat Getaran Menggunakan Pegas Peredam 6 vs 4

Point ID	Isolator-6	Isolator-4	x	y	xy	x ²	y ²
DE- Hor	11,267	7,253	-18,9495	-20,3625	385,86	359,08	414,63
DE- Ver	21,208	16,424	-9,0085	-11,1915	100,82	81,15	125,25
DE- Aks	56,856	56,94	26,6395	29,3245	781,19	709,66	859,93
NDE- Hor	12,33	12,25	-17,8865	-15,3655	274,84	319,93	236,10
NDE- Ver	15,339	13,002	-14,8775	-14,6135	217,41	221,34	213,55
NDE- Aks	64,299	59,824	34,0825	32,2085	1097,75	1161,62	1037,39
Total	181,299	165,693	0	0,00	2857,86	2852,78	2886,85
avX	30,2165						
avY	27,6155						
Tot. x2,y2	8235551,196						
rx	0,9959						

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi tingkat getaran pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4, diperoleh nilai korelasi untuk perbandingan antara penggunaan enam pegas peredam versus tanpa peredam ($r_{xy} = 0,9793$) yang sedikit lebih rendah dibandingkan korelasi antara penggunaan empat pegas versus tanpa peredam ($r_{xy} = 0,9800$). Nilai koefisien korelasi di atas 0,9 pada seluruh pasangan konfigurasi tergolong sangat kuat dan menunjukkan hubungan linear yang konsisten antara pola getaran yang dibandingkan (Zheng & Cao, 2022). Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada mesin forklift yang menghasilkan r_{xy} pada kisaran 0,48–0,805 (Siagian, 2022), tingkat korelasi pada penelitian ini jauh lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa pola kenaikan dan penurunan getaran pada fan blower antarkonfigurasi pegas relatif seragam. Adapun korelasi tertinggi terjadi pada

perbandingan antara enam pegas peredam dan empat pegas peredam ($r_{xy} = 0,9959$), yang menunjukkan bahwa hubungan antara kenaikan dan penurunan getaran pada kedua konfigurasi tersebut merupakan yang terkuat dibandingkan pasangan konfigurasi lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa pemasangan pegas peredam getaran tidak menunjukkan perbedaan tingkat getaran yang signifikan, baik pada konfigurasi dengan jumlah pegas peredam yang lebih banyak, lebih sedikit, maupun tanpa penggunaan pegas peredam sama sekali. Bahkan, ditemukan bahwa tingkat getaran yang lebih tinggi justru terjadi pada konfigurasi enam pegas peredam dibandingkan dengan konfigurasi empat pegas peredam maupun tanpa pegas peredam. Dengan demikian, diperlukan pemilihan jenis peredam getaran yang lebih sesuai dengan spesifikasi teknis blower, mengingat penambahan jumlah pegas peredam tanpa mempertimbangkan karakteristik dinamis mesin justru dapat menimbulkan ketidakseimbangan gaya redam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi teknis bagi industri dalam menentukan strategi pemasangan dan pemilihan peredam getaran pada peralatan fan blower guna meningkatkan keandalan dan umur pakai mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyati, S., Puspa, S. D., Himawan, R., Agtirey, N. R., & Leo, J. A. (2024). Optimization of preventive maintenance on critical machines at the Sabiz 1 plant using Reliability-Centered Maintenance method. *Sinergi (Indonesia)*, 28(2), 355–368.
<https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.2.015>
- Darabont, D. C., Cioca, L. I., & Badea, D. O. (2025). Digital approaches for mitigating occupational vibration exposure in the context of Industry 4.0. *Safety*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/safety11020031>
- Eltouny, K., Gomaa, M., & Liang, X. (2023). Unsupervised learning methods for data-driven vibration-based structural health monitoring: A review. *Sensors*, 23(6).
<https://doi.org/10.3390/s23063290>

- Forghani, M., Bazarganlari, Y., Zahedinejad, P., & Kazemzadeh-Parsi, M. J. (2023). Nonlinear frequency analysis of porous bi-directional functionally graded beams utilizing Reddy shear deformation theory. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19650>
- Guo, G., Zhong, S., Zhang, Q., Zhong, J., & Liu, D. (2023). Effect of additional mass on natural frequencies of weight-sensing structures. *Sensors*, 23(17). <https://doi.org/10.3390/s23177585>
- Hassan, I. U., Panduru, K., & Walsh, J. (2024). Review of data processing methods used in predictive maintenance for next generation heavy machinery. *Data*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/data9050069>
- Kanwal, G., Ahmed, N., & Nawaz, R. (2024). A comparative analysis of the vibrational behavior of various beam models with different foundation designs. *Heliyon*, 10(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26491>
- Kawser, M. A., Alim, M. A., & Sharif, N. (2024). Analyzing nonlinear oscillations with He's frequency-amplitude method and numerical comparison in jet engine vibration system. *Heliyon*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24261>
- Madhuranthakam, Y., & Chakrapani, S. K. (2024). Analytical study of nonlinear flexural vibration of a beam with geometric, material and combined nonlinearities. *Vibration*, 7(2), 464–478. <https://doi.org/10.3390/vibration7020025>
- Mahdi, H. H., Nama, S. A., Mezher, M. T., & Trzepieciński, T. (2025). Vibration analysis of cantilever beam with free end resting on 3D-printed spring and considering the effect of accelerometer and exciter masses. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(22). <https://doi.org/10.3390/app152212344>
- Nyarubeli, I., Sakwari, G., Chombo, S., Reuben, S., Msangi, N., Duguza, R., Francis, B., Lwaho, S., Omar, A., & Mduma, J. (2026). Whole-body vibration exposure and chronic low back pain among heavy machine operators and long-haul truck drivers in Tanzania: A cross-sectional study. *Frontiers in Public Health*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2026.1735367>
- Pamplona Berón, L. E., De Simone, M. C., de Falco, D., & Guida, D. (2026). Machine learning-based classification of vibration patterns under multiple excitation scenarios for structural health monitoring. *Applied Sciences (Switzerland)*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/app16042107>
- Romanssini, M., de Aguirre, P. C. C., Compassi-Severo, L., & Girardi, A. G. (2023). A review on vibration monitoring techniques for predictive maintenance of rotating machinery. *Eng*, 4(3), 1797–1817. <https://doi.org/10.3390/eng4030102>
- Rusakov, D. A. (2023). A misadventure of the correlation coefficient. *Trends in Neurosciences*, 46(2), 94–96. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2022.09.009>
- Salawu, E. Y., Awoyemi, O. O., Akerekan, O. E., Afolalu, S. A., Kayode, J. F., Ongbali, S. O., Airewa, I., & Edun, B. M. (2023). Impact of maintenance on machine reliability: A review. *E3S Web of Conferences*, 430. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343001226>
- Siagian, T. (2022). Analisa getaran dan koefisien korelasi antara getaran pada mesin (engine) dan tempat duduk operator (seat) dengan variasi tingkat kebisingan mesin forklift type FD 30 PA Sumitomo. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 10(2), 54–60. <https://doi.org/10.47662/alulum.v10i2.233>
- Silva-Navarro, G., Beltran-Carbajal, F., Trujillo-Franco, L. G., Peza-Solis, J. F., & Garcia-Perez, O. A. (2021). Online estimation techniques for natural and

- excitation frequencies on MDOF vibrating mechanical systems. *Actuators*, 10(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/act10030041>
- Syarif, A. A., Harahap, U. N., Sinaga, S. J., & Siregar, M. Z. (2023). Analisis sistem kesehatan dan keselamatan kerja di PT Sumber Sawit Makmur dengan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(1), 7–15. <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i1.432>
- Wang, J., Du, J., Jin, K., Yang, T., Zhou, W., Zhu, X., Wang, H., & Zhang, K. (2025). Research on the cumulative dust suppression effect of foam and dust extraction fan at continuous miner driving face. *Atmosphere*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/atmos16111290>
- Zheng, S., & Cao, Y. (2022). Correlation analysis for different types of variables and relationship between different correlation coefficients. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 11(4), 127–129. <https://doi.org/10.15406/bbij.2022.11.00365>
- Zheng, Y., Niosh, C., & Jiang, P. H. (2023). *Lab evaluation of a new type of air-cleaning fan for respirable dust control*.