

The Effect of Viscosity Variation on Vibration in a Two - Tube Car Front Suspension

[Pengaruh Variasi Viskositas Terhadap Getaran pada Suspensi Depan Mobil Dua Tabung]

Gilang Akbar Firmansyah¹⁾, Rachmad Firdaus^{2)*}

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: firdausr@umsida.ac.id

Abstract. *Now a days, cars are a vehicle that is widely used by the public. One of the obstacles faced when driving a car is when it is used to enter off-road roads with high roughness, as well as potholes and uneven roads. One of the considerations of consumers for vehicle selection is comfort, the most important comfort factor is obtained from the shock breaker and spring application system. The application of springs with shock breakers is one unity in a formula that influences each other. For this reason, in this study we want to conduct research on the front shock of a two-tube car with variations in the type of absorber oil and hydraulic oil as the front shock filler and variations in the height of the falling load with viscosity testing to obtain vibration values on the front shock of a two-tube car. The conclusion from the results of this test is that the type of absorber oil used as the front suspension filler on a two-tube car, has the lowest viscosity among the types of hydraulic oil, thus producing the highest vibration speed and the viscosity characteristics of the oil are a key factor that affects the performance of the shock in absorbing vibrations, with more liquid oil offering better damping against the resulting vibration speed.*

Keywords - Vibration, Hydraulic Oil, Front Suspension.

Abstrak. *Pada saat ini, mobil menjadi kendaraan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Salah satu kendala yang dihadapi saat mengendarai mobil adalah ketika digunakan untuk memasuki jalan-jalan off-road dengan kekasaran yang tinggi, serta jalan yang berlubang dan tidak rata. Salah satu pertimbangan dari konsumen untuk pemilihan kendaraan adalah kenyamanan, faktor kenyamanan paling utama didapatkan dari shock breaker dan sistem aplikasi pegasnya. Penerapan pegas dengan shock breaker adalah satu kesatuan dalam suatu rumus adalah saling mempengaruhi. Untuk itu dalam penelitian ini kami ingin melakukan penelitian pada shock depan mobil dua tabung dengan variasi jenis oli absorber dan oli hidrolik sebagai pengisi shock depan dan variasi ketinggian beban jatuh dengan pengujian viskositas untuk mendapatkan nilai getaran pada shock depan mobil dua tabung. Kesimpulan dari hasil pengujian ini yaitu jenis oli absorber yang digunakan sebagai pengisi suspensi depan pada mobil dua tabung, memiliki viskositas terendah di antara jenis oli hidrolik, sehingga menghasilkan kecepatan getaran yang paling tinggi dan karakteristik viskositas oli merupakan faktor kunci yang memengaruhi performa shock dalam menyerap getaran, dengan oli yang lebih cair menawarkan redaman yang lebih baik terhadap kecepatan getaran yang dihasilkan.*

Kata Kunci – Getaran, Oli Hidrolik, Suspensi Depan.

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini, mobil menjadi kendaraan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Salah satu kendala yang dihadapi saat mengendarai mobil adalah ketika digunakan untuk memasuki jalan-jalan off-road dengan kekasaran yang tinggi, serta jalan yang berlubang dan tidak rata. Akibatnya, tingkat kenyamanan dan keamanan harus dipertimbangkan. Untuk mengurangi getaran dan guncangan, sepeda motor harus dilengkapi dengan sistem suspensi [1]. Suspensi komponen yang berfungsi meredam kejutan dan getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dalam berkendara [2]. Shock absorber merupakan bagian dari suspensi yang berfungsi untuk meredam gaya osilasi dari pegas sehingga dapat memperlambat dan mengurangi besarnya getaran gerakan yang berlebihan. Komponen utama pada kendaraan yang berpengaruh terhadap kenyamanan adalah suspensi yang terdiri dari pegas dan peredam [3].

Pada sistem suspensi ada cairan pengental yang dimana cairan ini memiliki kekentalan atau viskositas. Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida [4]. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir [5]. Beberapa cairan ada yang mengalir dengan cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat contohnya seperti air, alkohol dan bensin karena memiliki nilai viskositas kecil [6]. Sedangkan cairan yang mengalir lambat seperti gliserin, minyak asto dan madu karena mempunyai nilai viskositas yang besar. Jadi viskositas tidak lain menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan [7].

Getaran merupakan gerakan bolak-balik secara teratur melalui titik kesetimbangan. Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut [8]. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya [9].

Pada penelitian ini rumusan masalahnya adalah apakah terdapat pengaruh variasi oli absorber dan oli hidrolik pada suspensi suspensi depan mobil ertiga, Bagaimana hasil kecepatan getaran pada suspensi depan mobil ertiga bisa maksimal [10]. Penelitian tentang viskositas pada efek shock absorber pernah di terapkan pada shock sepeda listrik penelitian (Oktavian, Naufal Yunas, and Purwoko) menunjukkan adanya pengaruh terhadap kecepatan getaran [11]. Berdasarkan pendahuluan dan rumusan masalah diatas, penelitian ini akan mengidentifikasi jenis oli pelumas suspensi depan terhadap getaran mobil agar dapat diketahui jenis oli yang peredaman lebih baik dan nyaman maksimal dari mobil tersebut berdasarkan dari getaran Suspensi depan mobil jika dipakai secara terus menerus [12].

II. METODE

A. Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan pada proses menyusun serta proses urutan pada saat penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1.** berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur

Studi literatur ini di lakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa refrensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan scara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing yang ada kaitannya dengan pengaruh ketinggian beban jatuh pada kekentalan macam-macam jenis oli hidrolik terhadap getaran *suspensi* mobil [13].

C. Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian ini melibatkan variabel bebas dan variabel terikat, di mana variabel bebas akan diberikan perlakuan, sedangkan variabel terikat akan diamati. Prosedur penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, kemudian menguji viskositas oli. Oli yang digunakan mencakup oli absorber dan oli hidrolik, yang berfungsi sebagai fluida dalam shock absorber depan mobil, diisi sesuai kapasitas standar yaitu 100 ml. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan beban seberat 50 kg dari ketinggian 15 cm, 20 cm, dan 25 cm, kemudian mengukur kecepatan getaran shock absorber menggunakan alat ukur vibration meter berdasarkan hasil beban yang dijatuhkan [14].

D. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 hingga bulan Februari 2025 yang dilakukan di Labolatorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Untuk melakukan proses pengetesan getaran pada shock absorber depan mobil menggunakan alat *vibration* meter untuk mendapatkan hasil perhitungan nilai kekentalan atau viskositas menggunakan alat viscometer kinematik [15].

E. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Shock Absorber Depan Mobil.

Shock Absorber depan mobil ertiga yang digunakan pada penelitian ini adalah shoock merk Monroe.



Gambar 2. Shock Absorber Depan Mobil

2. Oli Absorber

Oli shock absorber, atau oli peredam kejut, adalah pelumas yang digunakan dalam sistem suspensi, seperti shockbreaker, untuk meredam getaran dan guncangan saat berkendara. Bahan dasar dipilih lebih teliti dan lebih lama untuk menciptakan kualitas terbaik. Bahan yang digunakan adalah polyalphaolifin, bahan paling murni yang dihasilkan dari pemilihan minyak mineral [16].

3. Oli Hidrolik

Oli hidrolik merupakan bagian yang sangat penting untuk diperhatikan pada penggerak hidrolik. Disamping itu juga berfungsi sebagai pelumas yang dibutuhkan mesin untuk melindungi komponen-komponen mesin dari keausan [17]. Prinsip dasar dari pelumas itu sendiri adalah mencegah terjadinya gesekan antara dua permukaan logam yang bergerak. Sehingga gesekan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang [18].

4. Gelas Ukur 200 ml.

Gelas Ukur 200 ml digunakan untuk mengukur oli yang digunakan untuk mengisi oli pada shock absorber mobil yang dilakukan penelitian.

5. Meteran

Meteran pada penelitian ini digunakan untuk mengukur jarak beban jatuh pada proses pengujian penelitian.

6. Tool kit

Tool kit pada prnrelitian ini digunakan untuk melakukan proses bongkar pasang pada shock absorber mobil untuk melakukan pengisian oli kedalam shock.

7. Alat Uji Beban Jatuh.

Alat uji beban jatuh ini digunakan untuk melakukan pengujian pada jarak yang telah ditentukan yaitu 15 cm, 20 cm dan 25 cm dan juga dengan menggunakan berat beban jatuh sebesar 50 kg pada shock absorber mobil [19].



Gambar 3. Alat Uji Beban Jatuh

8. Vibration Meter

Vibration Meter adalah instrumen untuk mengukur getaran sebuah benda, misalnya motor, pompa, screen, atau benda bergetar lainnya terutama dalam dunia industri [20].

F. Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Variabel bebas (Independent Variable)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya tidak dipengaruhi variabel lain dan besarnya kita yang menentukan. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- Jarak beban jatuh : 15 cm, 20 cm, dan 25 cm.
- Oli Absorber dan Oli Hidrolik.

2. Variabel terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- Getaran Shock Absorber depan mobil.

3. Variabel terkontrol

Adapun variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah:

- Berat beban jatuh : 50 Kg

G. Setting Peralatan dan Proses Pengujian Shock Absorber

Langkah-langkah melakukan Pengujian pada shock absorber mobil adalah sebagai berikut :

1. Lakukan pemasangan vibration meter pada alat uji beban jatuh.
2. Kemudian lakukan pemasangan shock absorber yang akan di uji pada alat uji beban.
3. Lakukan pengukuran jarak beban jatuh dengan meteran lalu berikan tanda pada masing-masing jarak.
4. Pastikan beban yang diberikan sesuai dengan beban yang sesuai dengan variabel penelitian yaitu 50 kg.
5. Setelah semua komponen dipastikan sudah terpasang dan sesuai dengan variabel pengujian, kemudian lakukan kalibrasi pada alat uji beban jatuh dan vibration meter.
6. Kemudian lakukan pengujian sebanyak jumlah shock absorber yang akan dilakukan pengujian yaitu 3 kali pertama shock absorber dengan oli sintetis, kedua shock absorber dengan oli semi sintetis, shock absorber dengan oli mineral.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Hasil data yang telah didapatkan dalam penelitian ini seperti penelitian viskositas, untuk mendapatkan hasil data viskositas pada penelitian ini menggunakan alat ukur viskometer kinematik penelitian dilakukan agar dapat mengetahui kekentalan dari masing-masing jenis oli [21].

Kemudian untuk hasil data penelitian terhadap kecepatan getaran menggunakan alat ukur *vibration meter* dengan berat beban yang dijatuhkan 50 kg dari ketinggian 15 cm, 20 cm, dan 25 cm menggunakan alat uji beban jatuh. Berikut adalah tabel data hasil penelitian yang telah dilakukan :

Tabel 1. Hasil Penelitian Viskositas dan Kecepatan Getaran

No.	Jenis Oli	Ketinggian Beban Jatuh 50 Kg	Pengujian			
			1	2	3	Rata-rata
1.	Oli Absorber (SAE 10)	15 cm	90.27	88.48	88.03	88.92
		20 cm	97.32	94.47	94.21	95.33
		25 cm	113.00	119.31	114.29	115.53
2.	Oli Hidraulik (SAE 30)	15 cm	76.87	75.56	74.69	75.70
		20 cm	79.34	79.37	78.58	79.09
		25 cm	88.34	80.97	85.07	84.79

Berdasarkan **Tabel 1.** tersebut, terlihat perbandingan hasil kecepatan getaran yang diukur dengan ketinggian beban yang dijatuhkan sebesar 15 cm dan berat badan 50 kg menggunakan alat uji beban jatuh. Oli pertama yang digunakan adalah jenis oli absorber. Kecepatan getaran yang tercatat saat beban dijatuhkan menghasilkan rata-rata sebesar 88.92 mm/s. Oli kedua adalah jenis oli hidrolik. Dalam kondisi yang sama, oli ini menghasilkan kecepatan getaran rata-rata sebesar 75.70 mm/s. Perbandingan penurunan kecepatan getaran antara oli absorber dan oli hidrolik yaitu 13.32 mm/s.

Pada ketinggian beban yang dijatuhkan sebesar 20 cm dan berat badan 50 kg menggunakan alat uji beban jatuh. Oli pertama yang digunakan adalah jenis oli absorber. Kecepatan getaran yang tercatat saat beban dijatuhkan menghasilkan rata-rata sebesar 95.33 mm/s. Oli kedua adalah jenis oli hidrolik. Dalam kondisi yang sama, oli ini menghasilkan kecepatan getaran rata-rata sebesar 79.09 mm/s. Perbandingan penurunan kecepatan getaran antara oli absorber dan oli hidrolik yaitu 16.44 mm/s.

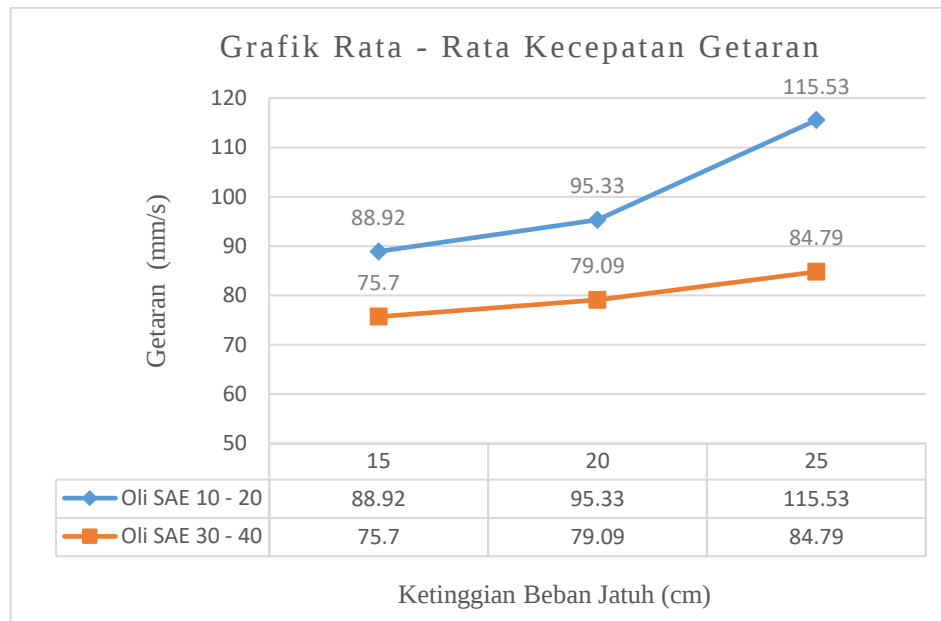
ketinggian beban yang dijatuhkan sebesar 25 cm dan berat badan 50 kg menggunakan alat uji beban jatuh. Oli pertama yang digunakan adalah jenis oli absorber. Kecepatan getaran yang tercatat saat beban dijatuhkan menghasilkan rata-rata sebesar 115.53 mm/s. Oli kedua adalah jenis oli hidrolik. Dalam kondisi yang sama, oli ini menghasilkan kecepatan getaran rata-rata sebesar 84.79 mm/s. Perbandingan penurunan kecepatan getaran antara oli absorber dan oli hidrolik yaitu 30.74 mm/s.

B. Analisa dan Pembahasan Data Hasil Rata-Rata Kecepatan Getaran

Untuk memudahkan pemahaman pada data dari hasil rata-rata kecepatan getaran dilakukan proses analisa, tujuan analisa ini guna visualisasi yang lebih baik dan lebih mudah dimengerti.

Table 2 . Data Hasil Rata-Rata Kecepatan Getaran

No	Jenis Oli	Ketinggian Beban Jatuh 50 Kg		
		15	20	25
1	Oli Absorber (SAE 10)	88.92	95.33	115.53
2	Oli Hidrolik (SAE 30)	75.70	79.09	84.79



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Kecepatan Getaran

Berdasarkan **Gambar 4.** Grafik diatas menunjukkan bahwa hasil rata-rata kecepatan getaran pada jenis oli absorber di ketinggian 15 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 88.92 mm/s, pada ketinggian 20 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 95.33 mm/s dan pada ketinggian 25 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 115.53 mm/s. Pada jenis oli hidrolik di ketinggian 15 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 75.33 mm/s, pada ketinggian 20 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 79.09 mm/s dan pada ketinggian 25 cm didapatkan rata-rata nilai getaran 84.79 mm/s.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan, Jenis oli absorber yang digunakan sebagai pengisi suspensi depan pada mobil dua tabung, memiliki viskositas terendah di antara jenis oli hidrolik, sehingga menghasilkan kecepatan getaran yang paling tinggi. Jenis oli yang digunakan sebagai pengisi shock menunjukkan variasi dalam data viskositas. Jenis oli dapat mempengaruhi nilai kecepatan getaran pada shock. Secara spesifik, semakin tinggi nilai viskositas oli (yang menunjukkan oli lebih kental), maka kecepatan getaran pada shock cenderung lebih rendah. Sebaliknya, jika nilai viskositas oli lebih rendah (menunjukkan oli lebih cair), maka kecepatan getaran pada *shock absorber* cenderung lebih tinggi. karakteristik viskositas oli merupakan faktor kunci yang memengaruhi performa shock dalam menyerap getaran, dengan oli yang lebih cair menawarkan redaman yang lebih baik terhadap kecepatan getaran yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] F. Rahmadiano and G. A.P, “Analisa Pengaruh Variasi Displacement Shock Absorber Kendaraan Bermotor Terhadap Respon Getaran,” *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 18–23, 2020.
- [2] N. A. Ariyanto, “Analisa Jenis Pelumas Suspensi Depan Sepeda Motor Listrik Trail,” *Nozzle J. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 123–126, doi: 10.30591/nozzle.v5i2.809. 2022.
- [3] A. Triwanto and L. Listiyono, “Analisis penggunaan minyak nabati dicampur dengan cairan pengental oli terhadap getaran shock absorber motor matic,” *Hexatech J. Ilm. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–48, doi: 10.55904/hexatech.v2i2.857. 2023.
- [4] R. Sembiring, “Respon suspensi pasif dengan input signal step pada kendaraan seperempat,” *J. Ilm. Core IT Community Res. Inf. Technol.*, vol. 11, no. 3. 2019.

- [5] N. Nusyirwan, "Kaji Perbandingan Karakteristik Respon Dinamik Suspensi Sepeda Motor dengan Memakai Peredam Viscous Oli Sintetis dan Minyak Nabati," *Met. J. Sist. Mek. dan Termal*, vol. 1, no. 2, p. 133, doi: 10.25077/metal.1.2.133-141. 2019.
- [6] G. P. B Irawan, "Desain dan pembuatan smart absorber mekanik beban maksimum 100 kgf," *Semin. Nas. Rekayasa Teknol. Manufaktur*, vol. 1, pp. 34–38, [Online]. Available: <http://sntt.polinema.ac.id/index.php/snrtm/article/download/12/5>. 2020.
- [7] I. Made Suartika and A. Alit Triadi, "Pengukuran Kerja Pengganti Oli Shock Menggunakan TsA-1 dan Alat Standar di Bengkel Ahass Honda Sales Operation Ampenan Dengan Metode Jam Henti (Stopwatch Time Study)," Feb. 2022.
- [8] F. Rahmadiano and J. Karanglo Km, "Analisa Pengaruh Variasi Displacement Shock Absorber Kendaraan Bermotor Terhadap Respon Getaran," *Journal Mechanical and Manufacture Technology*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [9] G. Wisnu Prayuda, K. Rihendra Dantes, and P. Nugraha, "Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha Analisa Variasi Campuran Minyak Kelapa Sawit Untuk Oli Peredam Kejut Shock Absorber Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 2 Analysis Of Plam Oil Mixed Variations For Shock Absorber Excellent Design Ganasha Electric Vehicles 1.0 Generation 2," *Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 10, no. doi: 10.23887/jptm.v10i2.32712. 2022.
- [10] N. Wahid and W. Hendrowati, "Pemodelan Dan Analisis Pengaruh Variasi Oli dan Diameter Orifice terhadap Gaya Redam Shock Absorber Dan Respon Dinamis Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z 2008," *Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [11] Oktavian, Naufal Yunas, and Purwoko Purwoko. "Pengaruh Ketinggian Beban Jatuh dan Kekentalan Oli Suspensi Depan Terhadap Getaran Shock Absorber Sepeda Listrik." *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika* 3.3 : 01-14.2024.
- [12] N. Y. Oktavian. & Purwoko, P. Pengaruh Ketinggian Beban Jatuh dan Kekentalan Oli Suspensi Depan Terhadap Getaran Shock Absorber Sepeda Listrik. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(3), 01-14. 2024.
- [13] S. Salman, Nanda, A. Y. D., Irawan, D. A. H., Wahyudi, N. Y., & Megrian, N. O. E. Perkembangan uji stabilitas berdasarkan parameter pada sediaan suspensi dengan berbagai bahan aktif yang berbeda. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 633-639. 2023.
- [14] F. A. Baqarizky, & Sutantra, I. N. Desain dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Multiguna Pedesaan Menggunakan Peredam Magnetorheological Dengan Standar Kenyamanan ISO 2631. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), A833-A838. 2019.
- [15] A. Noerdien, & Rubiono, G. Pengaruh studi karakteristik getaran shock breaker pada sepeda motor matic 110 CC. V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article), 3(1), 5-8. 2020.
- [16] B. Kusuma. P. Studi Empirik Pengaruh Perubahan Viskositas Fluida Terhadap Respon Dinamis Dari Hydraulic Motor Regenerative Shock Absorber (HM RSA) (Doctoral dissertation, Institut Technology Sepuluh Nopember). 2023
- [17] Firdaus, R., Multazam, M. T., Fudholi, A., & Jamaaluddin Preface: 2nd International Conference Series on Science, Engineering, and Technology (ICSSET) In AIP Conference Proceedings (Vol. 3167, No. 1, p. 010001). AIP Publishing LLC. July. 2024.
- [18] Rachmat, F., & Akbar, A. Pengaruh Fence Pada Vertical Axis Wind Turbine Dengan Blade Rotor Naca 0015 Terhadap Daya Yang Dihasilkan. *Jurnal Mesin Nusantara*, 8(1), 117-124. 2025.
- [19] Ikhsanudin, A. F., Tjahjanti, P. H., Fahrudin, A. R., Akbar, A., & Fernanda, R. E. Pengkajian briket dari campuran sampah botol jenis PET dan bahan natural dengan perekat kanji. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(2), 73-80. 2022.
- [20] Jayanto, R. D., Firdaus, R., & Akbar, A. The Manufacturing Planning of Installation Series-Parallel Combination Centrifugal Pump Testing Equipment Perencanaan Manufaktur Instalasi Pompa Sentrifugal Laboratorium Teknik Mesin Dengan Kombinasi Rangkaian Seri dan Paralel. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur)*, 6(1). 2021.
- [21] Iswanto, I., Widodo, E., Akbar, A., & Putra, A. K. Perbandingan Induction Hardening dengan Flame Hardening pada Sifat Fisik Baja ST 60. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, 19(2), 90-94. 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.