

Penentuan Koefisien Redaman Zat Cair (Air, Minyak Goreng dan Oli) Menggunakan Analisis Osilasi Teredam

Stevi Silahooy^{1✉}, Altje Latununuwe², Estevanus K. Huliselan², Noke Kesaulya², Delpina Nggolaon³

¹Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Article History

Received April 20, 2024

Received in revised May 6, 2024

Accepted May 14, 2024

Available online June 22, 2024

Corresponding author:

Stevi Silahooy

E-mail address:

silahooystevi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh massa beban terhadap koefisien redaman zat cair berupa air, minyak goreng, dan oli. Massa beban yang digunakan adalah 71 gram, 81 gram, 91 gram, dan 101 gram. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan analisis osilasi teredam berbantuan software origin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan massa beban terhadap nilai frekuensi (Hz) dan koefisien redaman (γ) zat cair, dimana semakin besar massa beban maka semakin besar nilai frekuensi (Hz) dan koefisien redaman zat cair (γ). Penelitian ini juga meninjau konstanta redaman dari masing-masing zat cair. Hasil menunjukkan bahwa konstanta redaman dari masing-masing zat cair dalam hal ini air, minyak goreng dan oli secara berturut-turut adalah 0,049 kg/s, 0,107 kg/s, dan 0,201 kg/s.

Kata kunci: Osilasi teredam; Massa beban; Koefisien redaman; Zat cair; Origin

Abstract

This research aims to analyze the effect of load mass on the damping coefficient of liquid substances such as water, cooking oil, and oil. The load masses used are 71 grams, 81 grams, 91 grams, and 101 grams. This study employs an experimental method with a damped oscillation analysis approach aided by Origin software. The research results indicate a significant influence of load mass on the frequency (Hz) and damping coefficient (γ) values of the liquid substance, where the larger the load mass, the higher the frequency (Hz) and damping coefficient (γ) values of the liquid substance. The study also examines the damping constants of each liquid substance. The results show that the damping constants of each liquid substance, namely water, cooking oil, and oil, are respectively 0.049 kg/s, 0.107 kg/s, and 0.201 kg/s.

Keywords: Muffled oscillations; Load mass; Damping coefficient; Liquid; Origin

1. Pendahuluan

Zat cair merupakan zat yang dapat mengalir (Abidin & Wagiani, 2013). Air dan minyak goreng adalah contoh dari zat cair yang sering digunakan sebagai medium dalam menganalisis osilasi teredam dari sebuah pegas. Hal ini dikarenakan zat cair memiliki

koefisien redaman yang lebih besar dibanding udara (Aulia, dkk., 2018). Dalam kasus osilasi pegas, untuk memperoleh kondisi yang ideal, maka faktor gesekan diabaikan sehingga gerak osilasi akan terjadi secara periodik dengan amplitudo konstan tanpa henti (Susilo, dkk., 2012). Namun pada kenyataannya tidak ada sesuatu yang ideal, artinya bahwa osilasi pegas pada medium apapun lambat laun akan berhenti pada waktu tertentu. Penyebabnya adalah gesekan yang terjadi antara pegas dengan partikel-partikel penyusun medium sehingga energi mekanik yang dimiliki oleh pegas akan terdisipasi (Halliday, dkk., 2011). Disipasi energi ini akan mengakibatkan berkurangnya amplitudo tiap satuan waktu. Semakin besar gesekan maka semakin besar energi yang terdisipasi. Besarnya gesekan yang ditimbulkan oleh zat cair bergantung pada besar koefisien redaman yang dimilikinya (Serway & Jewett, 2008). Secara sederhana besar gaya hambat berbanding lurus dengan kecepatan benda, akan tetapi berlawanan arah. Secara matematis dapat ditulis:

$$F_d = -b v \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, F_d : gaya hambat, b : konstanta redaman, v : kecepatan benda. Gaya hambat selalu berlawanan dengan arah gerak dan menyebabkan energi mekanik sistem berkurang (Pain, 2005). Gaya total pada benda adalah:

$$\Sigma F_y = -ky - b v_y \quad \dots\dots\dots (2)$$

Berdasarkan Hukum II Newton, maka persamaan (2) akan menjadi:

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = -ky - b \frac{dy}{dt} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m}y + \frac{b}{m} \frac{dy}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega_o^2 y + 2\gamma \frac{dy}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

dimana $\gamma = b/2m$ dan $\omega_o^2 = k/m$.

Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan diferensial, maka persamaan (5) akan memberikan solusi berupa persamaan berikut (Serway & Jewett, 2004):

$$y = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega t + \phi) \quad \dots\dots\dots (6)$$

Frekuensi sudut osilasi adalah sebesar:

$$\omega = \sqrt{\omega_o^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Terdapat tiga kondisi redaman untuk akar-akar pada persamaan 4 (Fowles, 2005), yaitu:

- a. Redaman kecil (*underdamped*), pada saat gaya hambat maksimum sebesar $F_{d\ max} = b v_{max} < kA$;
- b. Redaman kritis (*critical damped*), ketika $b/2m = \omega_o$; dan
- c. Redaman lebih (*Overdamped*), ketika $F_{d\ max} = b v_{max} > kA$ dan $b/2m > \omega_o$.

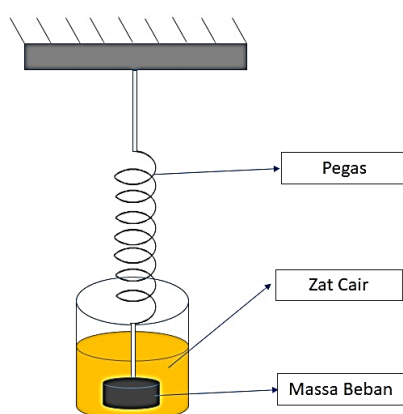
Akhir-akhir ini telah banyak dilakukan penelitian analisis osilasi teredam berbantuan *software tracker*. Khairunnisa (2019) telah meneliti mengenai viskositas air menggunakan analisis osilasi teredam berbantuan *software tracker*. Menurut Aulia, dkk. (2018) gerakan

osilasi pegas di dalam medium air menghasilkan gerakan osilasi teredam kritis. Mukharomah, dkk. (2021) juga telah menggunakan analisis teredam berbantuan tracker untuk mengetahui koefisien viskositas air, minyak dan alkohol.

Menurut Raflesian, dkk. (2019), analisis menggunakan *software tracker* memiliki keunggulan antara lain meningkatkan interpretasi grafik. Selain itu *video tracker* analisis juga efektif digunakan pada saat praktikum secara online (Handayani, dkk., 2022). Namun di sisi lain juga memiliki kelemahan, salah satunya yaitu data penelitian yang diperoleh tidaklah akurat (Oktova & Sirtumiati, 2013). Berdasarkan hal ini maka perlu adanya tinjauan baru terkait penggunaan *software* lain yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi dalam penyajian data hasil penelitian. Sijabat, dkk. (2020) mengatakan bahwa *software origin* merupakan *software* alternatif yang dapat digunakan untuk menganalisis data *curve fitting* dan uji statistika dengan menghasilkan grafik kualitas publikasi dalam bentuk 2D dan 3D sehingga mampu menyajikan data penelitian yang sesuai dengan kebutuhan para peneliti. Oleh sebab itu, penggunaan *software origin* dalam penelitian ini akan dimanfaatkan untuk menganalisis pengaruh massa beban terhadap koefisien redaman zat cair dengan menggunakan analisis osilasi teredam, yang diharapkan dapat memberikan alternatif solusi dalam menyajikan data hasil penelitian dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi.

2. Metode

Penentuan pengaruh massa terhadap koefisien redaman zat cair dilakukan menggunakan metode eksperimen dan analisis grafik. Peralatan yang digunakan adalah beban, penggaris, statif, neraca pegas, gelas kimia, kamera, dan zat cair. Massa beban yang digunakan antara lain: 71gr, 81gr, 91gr, dan 101gr. Adapun *set-up* peralatan osilasi beban dalam medium zat cair dibuat seperti Gambar 1. Beban digerakan dengan memberikan simpangan sebesar 5 cm pada setiap zat cair. Jenis zat cair yang digunakan adalah air aqua, minyak goreng fortune, dan oli *yamalube matic*.



Gambar 1. *Set-up* peralatan osilasi massa beban dalam medium zat cair

Gerakan osilasi massa beban dalam setiap zat cair akan direkam menggunakan kamera. Video hasil rekaman kemudian diamati menggunakan *software video ulead studio* agar diperoleh data simpangan (y) terhadap waktu (t). Penggunaan *software video ulead studio* bertujuan untuk memperlambat gerakan osilasi beban sehingga data simpangan (y) terhadap waktu (t) mudah teramati. Data yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis menggunakan *software origin 2023* dengan fitur *curve fitting* osilasi teredam menggunakan

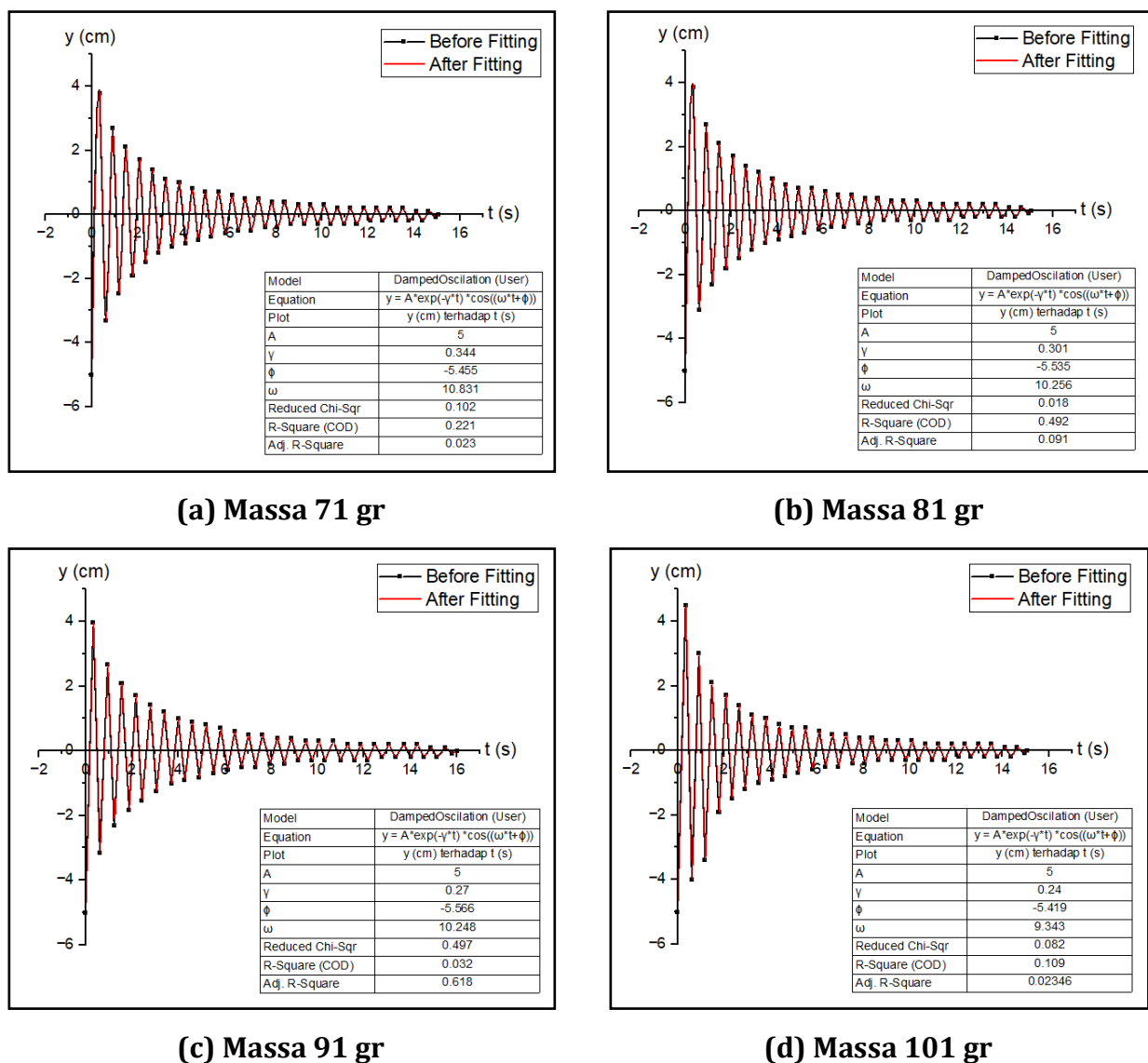
persamaan (4), sehingga akan diperoleh besaran-besaran osilasi teredam berupa amplitudo (A), koefisien redaman (γ), frekuensi sudut (ω), dan konstanta redaman (b).

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pertambahan massa beban terhadap koefisien redaman air, minyak goreng, dan oli dengan ukuran massa yang ditentukan dalam penelitian ini adalah 71gr, 81gr, 91gr, 101gr. Berdasarkan hasil analisis data terhadap penelitian yang dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut.

3.1. Analisis Koefisien Redaman Air Aqua

Secara tampilan, hasil analisis koefisien redaman air aqua dengan menggunakan *software origin*, dapat ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik osilasi pada medium air

Berdasarkan data hasil analisis pada Gambar 2, maka diperoleh nilai amplitudo (A), frekuensi sudut (ω), koefisien redaman (γ) dan konstanta redaman (b) dari sampel air dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

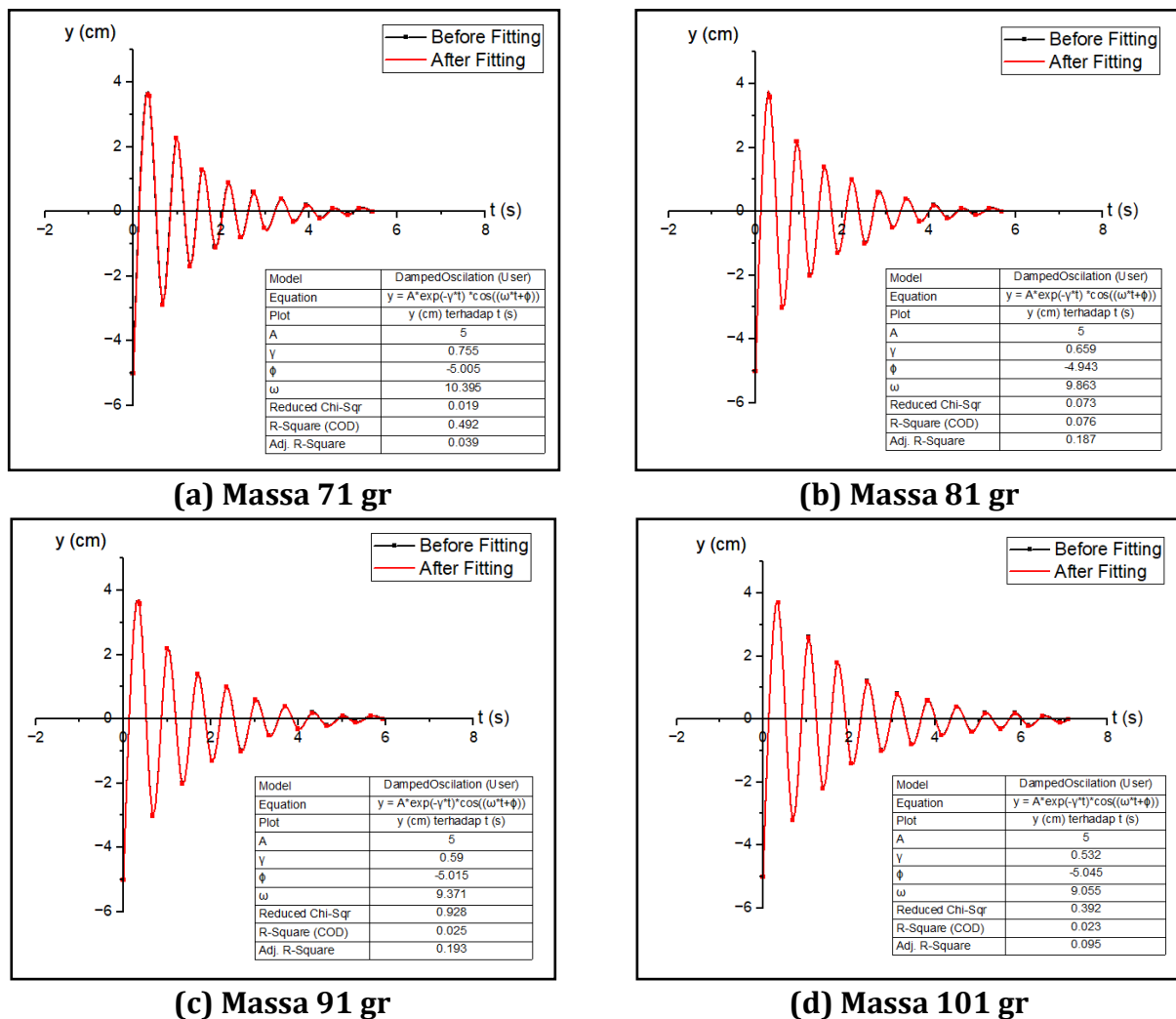
Tabel 1. Amplitudo (A), konstanta redaman (b), frekuensi sudut (ω), dan koefisien redaman (γ) dari sampel air

No.	Jenis Sampel	Massa Beban (kg)	A (cm)	ω (Hz)	γ (1/s)	b (kg/s)
1	Air	0,071	5	10,831	0,344	0,049
2		0,081	5	10.256	0,301	0,049
3		0,091	5	10,248	0,270	0,049
4		0.101	5	9,343	0,240	0,049

Berdasarkan Tabel 1 tersebut dapat diketahui bahwa: (1) nilai amplitudo pada setiap beban adalah sama; (2) nilai frekuensi sudut $\omega_{m101} < \omega_{m91} < \omega_{m81} < \omega_{m71}$; (3) nilai koefisien redaman $\gamma_{m101} < \gamma_{m91} < \gamma_{m81} < \gamma_{m71}$; dan (4) nilai konstanta redaman air sebesar 0,049 kg/s.

3.2. Analisis Koefisien Redaman Minyak Goreng

Adapun hasil analisis koefisien redaman minyak goreng, yang memperlihatkan nilai-nilai amplitudo (A), frekuensi sudut (ω), koefisien redaman (γ), dan konstanta redaman (b) untuk variasi massa beban yang diamati, yakni dengan menggunakan *software origin* dapat disajikan melalui Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik osilasi pada medium minyak goreng

Berdasarkan data hasil analisis pada Gambar 3, maka nilai besaran pada osilasi teredam dari sampel minyak goreng seperti amplitudo (A), frekuensi sudut (ω), koefisien

redaman (γ), dan konstanta redaman (b) dapat dilihat pada Tabel 2.

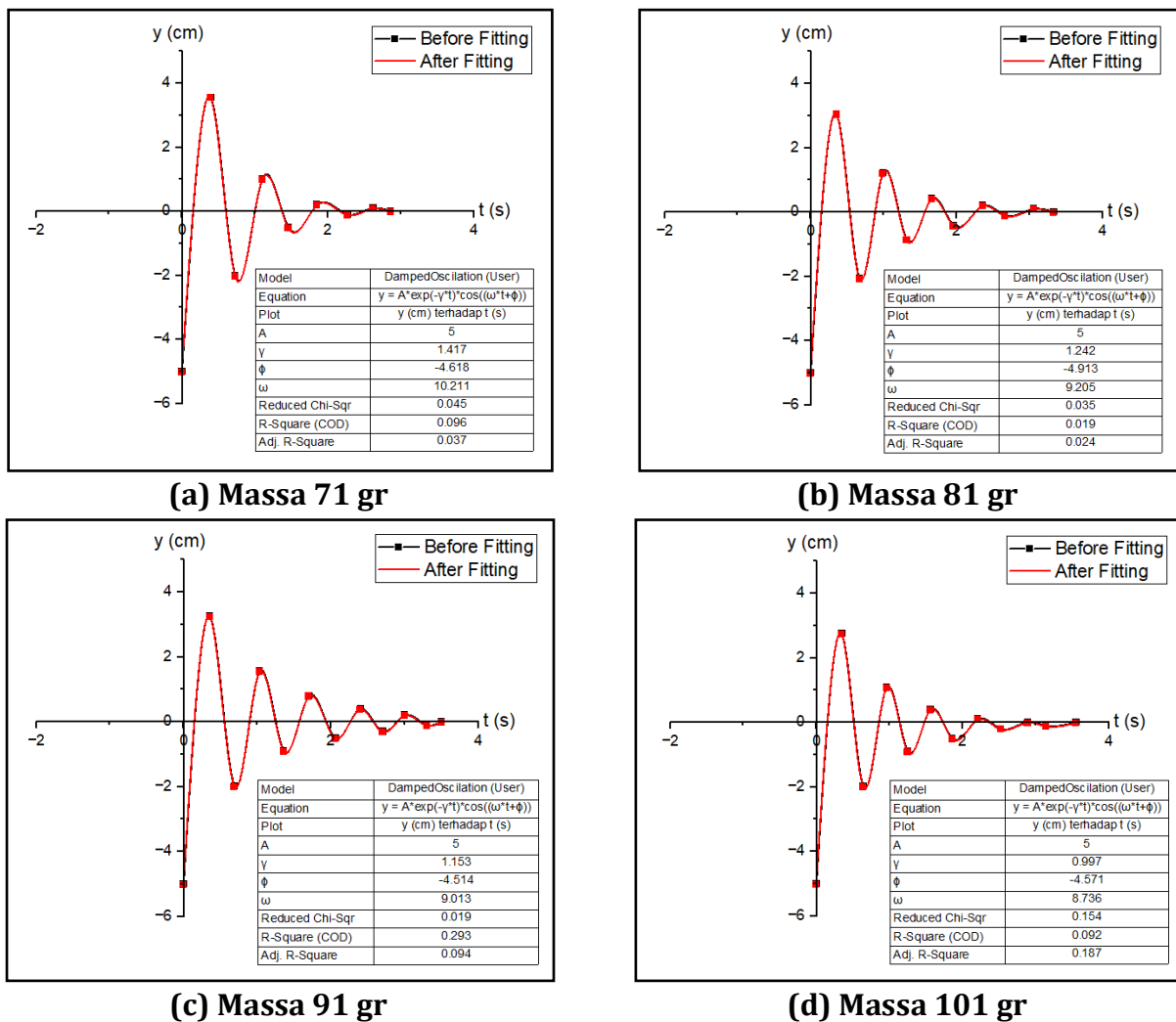
Tabel 2. Amplitudo (A), konstanta redaman (b), frekuensi sudut (ω), dan koefisien redaman (γ) dari sampel minyak goreng

No.	Jenis Sampel	Massa Beban (kg)	A (cm)	ω (Hz)	γ (1/s)	b (kg/s)
1	Minyak Goreng	0,071	5	10.396	0,755	0,107
2		0,081	5	9.864	0,659	0,107
3		0,091	5	9,371	0,590	0,107
4		0.101	5	9,055	0,532	0,107

Mengacu pada Tabel 2, maka dapat disimpulkan bahwa: (1) nilai amplitudo pada setiap beban adalah sama; (2) nilai frekuensi sudut $\omega_{m101} < \omega_{m91} < \omega_{m81} < \omega_{m71}$; (3) nilai koefisien redaman $\gamma_{m101} < \gamma_{m91} < \gamma_{m81} < \gamma_{m71}$, dan (4) nilai konstanta redaman minyak goreng sebesar 0,107 kg/s.

3.3. Analisis Koefisien Redaman Oli

Selanjutnya, hasil analisis koefisien redaman oli dengan berbagai variasi massa beban dengan menggunakan *software origin* dapat disajikan melalui Gambar 4.



Gambar 4. Grafik osilasi pada medium oli

Berdasarkan data hasil analisis pada Gambar 4, maka nilai amplitudo (A), frekuensi sudut (ω), koefisien redaman (γ), dan konstanta redaman (b) dari sampel oli dapat dilihat

pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Amplitudo (A), konstanta redaman (b), frekuensi sudut (ω), dan koefisien redaman (γ) dari sampel oli

No.	Jenis Sampel	Massa Beban (kg)	A (cm)	ω (Hz)	γ (1/s)	b (kg/s)
1	Oli	0,071	5	10,212	1,417	0,201
2		0,081	5	9,205	1,242	0,201
3		0,091	5	9,013	1.153	0,201
4		0.101	5	8,737	0,997	0,201

Dari Tabel 3 maka dapat disimpulkan bahwa: (1) nilai amplitudo pada setiap beban adalah sama; (2) nilai frekuensi sudut $\omega_{m101} < \omega_{m91} < \omega_{m81} < \omega_{m71}$; (3) nilai koefisien redaman $\gamma_{m101} < \gamma_{m91} < \gamma_{m81} < \gamma_{m71}$; dan (4) nilai konstanta redaman sampel oli sebesar 0,201 kg/s.

Data hasil analisis pada ketiga sampel, menunjukkan bahwa semakin besar massa beban, nilai frekuensi sudut (ω) dan koefisien redaman (γ) semakin besar. Hal ini dikarenakan penambahan massa pada sistem pegas dapat meningkatkan energi mekanik dari sistem tersebut, sehingga redaman zat cair mengalami reduksi (Limiansih, dkk., 2013). Selain itu, hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa nilai konstanta redaman dari ketiga zat cair berbeda-beda. Secara berturut-turut konstanta redaman dari air, minyak goreng dan oli adalah 0,049 kg/s, 0,107 kg/s, dan 0,201 kg/s. Konstanta redaman suatu zat cair bergantung pada besar viskositasnya dimana semakin besar viskositas zat cair maka nilai konstanta redamannya semakin besar atau dengan kata lain konstanta redaman (b) \approx viskositas (η).

Hasil juga menunjukkan bahwa semakin besar koefisien redaman dan konstanta redaman zat cair, maka semakin cepat sistem teredam ke titik setimbang (titik nol), ini dibuktikan dengan waktu osilasi yang semakin singkat (Susilo, dkk., 2012). Hal ini disebabkan adanya pengaruh gaya hambat yang diberikan oleh zat cair terhadap massa beban pegas, sehingga semakin besar massa beban pegas maka semakin besar pula gaya hambat yang dibutuhkan zat cair untuk meredam osilasi pegas menuju titik setimbang, akibatnya semakin besar koefisien redaman yang ditimbulkan (Giancoli, 2014).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: (1) semakin besar massa beban yang diberikan maka semakin kecil frekuensi sudut (ω) dan koefisien redaman (γ) zat cair yang dihasilkan; (2) nilai konstanta redaman zat cair air, minyak goreng dan oli secara berturut-turut adalah 0,049 kg/s, 0,107 kg/s, dan 0,201 kg/s; dan (3) semakin besar konstanta redaman zat cair maka semakin cepat sistem teredam ke titik setimbang (titik nol).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pattimura, Dr. A. Latununuwe, M.Sc., yang telah memberikan dukungan berupa peminjaman fasilitas ruangan laboratorium serta alat dan bahan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abidin, K., & Wagiani, S. (2013). Studi Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Air Melalui Pipa Venturi Dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Dinamika*, 4(1), 62 -78.
- Aulia, M. R., Zannah, N., Darajat S. Z. A., Atmojo, T., & Karina, W. (2018). Osilasi Teredam Pada Pegas Dengan Medium Fluida. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(1), 22-26. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v3i1.6549>.
- Fowles, G. R., & Cassiday, G. L. (2005). *Analytical Mechanics Seventh Edition*. Belmont: Thomson Brooks/Cole.
- Giancoli Douglas C. (2014). *Physics: Principles with Applications*. Seventh Edition. Boston: Pearson.
- Halliday, D., Resnick, H. & Walker, J. (2011). *Fundamental of Physics 9th Edition*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Handayani, I. D., Ahmad, F., & Aryati P. L., D. (2022). Efektivitas Tracker Video Analysis Dalam Praktikum Fisika Untuk Menentukan Percepatan Gravitasi. *ORBITA: Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(2), 328-332. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.10766>.
- Khairunnisa. (2019). Pembelajaran Fisika Berbasis Tracker dalam Penentuan Viskositas Air Menggunakan Metode Osilasi Teredam. *Seminar Nasional Pendidikan MIPA dan Teknologi (SNPMT)*.
- Limiansih, K., & Santoso, E. I. (2013). *Redaman pada Pendulum Sederhana*. Yogyakarta: Sanata Dharma.
- Mukharomah, F., Mutiarani, A., Supyadi., & Sulhadi. (2021). Gerak Harmonik Teredam untuk Menentukan Koefisien Viskositas Fluida Berbantuan Software Tracker Video. *WaPFI: Wahana Pendidikan Fisika*, 6(1), 17-22. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v6i1.32385>.
- Oktova, R., & Sirtumiati. (2013). Pemanfaatan Tracker Dalam Eksperimen Ayunan Bandul Teredam Untuk Penentuan Koefisien Viskositas Udara Dengan Hukum Landau-Lifshitz. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran, dan Aplikasinya*, 5(2), 43-59. <http://dx.doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v5i2.251>.
- Pain, H. J. (2005). *The Physics of Vibrations and Waves*. England: Jhon Wiley & Sins, Ltd.
- Raflesiana, V., Herlina, K., & Wahyudi, I. (2019). Pengaruh Penggunaan Tracker Pada Pembelajaran Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Interpretasi Grafik Siswa. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 5(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.30870/gravity.v5i1.5207>.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W., (2004). *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. Thomson Brooks/Cole.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 7th edition*. California: Thomson Brooks/Cole.
- Sijabat, S., Priyulida, F., Adiansyah, & Dabukke, H. (2020). Pengenalan Aplikasi Origin Versi 6.0. di SMK 5 Medan. *Jurnal Abdimas Mutiara*, 1(1), 69-75.
- Susilo, A., Yuniyanto, M., & Varihani, V. I. (2012). Simulasi Gerak Harmonik Sederhana dan Osilasi Teredam pada Cassy-E 524000. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(2), 124-137.