

DETERMINATION OF TERMINAL VELOCITY AND FLUID VISCOSITY USING FALLING BALL VISCOMETER WITH VIDEO TRACKER APPLICATION

Naila Hilmiyana Syifa, Hartono, Sulhadi

Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang, nailahilmiyanasyifa@students.unnes.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kecepatan terminal dan koefisien viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker. Kecepatan terminal didapatkan dengan memvideokan bola jatuh ke dalam tabung sepanjang 115 cm dan berdiameter 5 cm yang telah diisi fluida kemudian video dianalisis dengan aplikasi tracker. Fluida yang digunakan adalah oli SAE 20W-50 dan gliserin. Bola yang dijatuhkan ke dalam fluida ada tiga jenis yaitu bola I, II, dan III yang masing-masing berdiameter 1,09 cm, 1,56 cm, dan 1,57 cm. Setelah kecepatan terminal bola diketahui, koefisien fluida diperoleh dengan menggunakan prinsip hukum Stokes. Kecepatan terminal bola I, II, dan III di dalam oli SAE 20W-50 secara berturut-turut adalah 0,247 m/s, 0,250 m/s, dan 0,187 m/s, adapun kecepatan terminal bola I, II, dan III di dalam gliserin adalah 0,092 m/s, 0,090 m/s, dan 0,065 m/s. Koefisien viskositas rata-rata oli SAE 20W-50 dan gliserin masing-masing adalah 0,834 Ns/m² dan 1,807 Ns/m².

Abstract

The purpose of this study is to determine the terminal velocity and fluid viscosity using falling ball viscometer with video tracker application. The terminal velocity is obtained by videoing the ball falling into a tube 115 cm long and 5 cm in diameter which has been filled with fluid and then the video is analyzed using tracker application. The fluids used are oil SAE 20W-50 and glycerin. The balls used are namely as balls I, II, and III with diameters of 1,09cm, 1,56cm, and 1,57cm. Once the terminal velocity of the sphere is known, the fluid viscosity is obtained by using Stokes law principle. The terminal velocities of balls I, II, and III in oil SAE 20W-50 are 0.247m/s, 0.250m/s, and 0.187m/s, while the terminal velocities of balls in glycerin are 0.092m/s, 0.090m/s, and 0.065m/s. The average fluid viscosity of oil SAE 20W-50 and glycerin are 0,834Ns/m² and 1,807Ns/m².

Kata kunci: kecepatan terminal; koefisien viskositas; viskometer bola jatuh; aplikasi video tracker

Pendahuluan

Kualitas pendidikan yang baik dapat tercapai dengan menciptakan proses pembelajaran yang efektif. Pembelajaran fisika yang efektif dapat diperoleh dengan penggunaan media pembelajaran yang tepat. Ada banyak jenis media pembelajaran, salah satunya adalah alat praktikum. Alat praktikum fisika berfungsi untuk memberikan kepastian dan memverifikasi suatu teori, kaidah, prinsip, konsep atau hukum fisika, selain itu juga berfungsi untuk menguatkan informasi (Sarjono, 2018). Pentingnya alat praktikum dalam pembelajaran fisika terkendala dengan ketersediaan alat di laboratorium dan keterampilan menggunakan alat dengan tepat.

Alat praktikum diperlukan sebagai penunjang proses pembelajaran sehingga tujuan pembelajaran

dapat tercapai. Tujuan pembelajaran fisika di sekolah menengah atas diantaranya adalah memahami sifat-sifat fluida statis. Salah satu sifat fluida statis yaitu memiliki koefisien viskositas yang berbeda-beda. Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Pada zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Adapun pada zat gas, viskositas timbul akibat tumbukan antar molekul gas (Manurung & Sudrajad, 2018).

Praktikum viskositas dapat melatih keterampilan menggunakan alat ukur fisika serta dapat meningkatkan pemahaman konsep yang dikemukakan oleh Sir Goerge Stokes yang telah menemukan Hukum Stokes. Hukum Stokes berbunyi: “bila sebuah bola bergerak dalam suatu fluida yang diam terhadap bola itu, maka akan

bekerja gaya gesekan yang arahnya berlawanan dengan arah gerak bola”. Ketika bola dijatuhkan ke dalam fluida, mulanya bola mendapat percepatan gravitasi, namun setelah beberapa saat bola akan bergerak dengan kecepatan konstan. Kecepatan ini merupakan kecepatan akhir bola atau disebut dengan kecepatan terminal. Kecepatan terminal terjadi pada saat gaya berat bola sama dengan gaya apung ditambah gaya gesekan fluida (Putri et al., 2013).

Hukum Stokes menjadi dasar untuk menghitung viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh. Syarat-syarat berlakunya hukum Stokes, yaitu (a) ruang fluida terbatas, (b) tidak ada turbulensi di dalam fluida, dan (c) kecepatan bola tidak besar sehingga aliran masih linier (Susanti & Asmoro, 2019).

Prinsip pengukuran viskometer bola jatuh adalah mengukur waktu tempuh bola pejal yang dijatuhkan secara vertikal dalam sebuah tabung gelas yang berisi cairan dalam keadaan diam. Pengukuran waktu tempuh secara manual dengan stopwatch dapat menyebabkan kesalahan paralaks (Putri et al., 2013). Oleh karena itu diperlukan suatu metode praktikum yang dapat meminimalisir kesalahan paralaks, salah satunya dengan menggunakan aplikasi video tracker. Dengan menggunakan aplikasi video tracker ketelitian hasil dapat ditingkatkan karena pengambilan data yang mudah (Oktova & Diana, 2013) dan dapat meningkatkan keakuratan (Marliani et al., 2015).

Tracker adalah alat pemodelan dan analisis video gratis yang dibangun di atas kerangka kerja Java *Open Source Physics* (OSP). Tracker ini dirancang untuk digunakan dalam pendidikan fisika. Pemodelan video tracker merupakan cara yang ampuh untuk menggabungkan video dengan pemodelan komputer (Mukharomah et al., 2021). Tracker dapat melacak posisi, kecepatan, dan percepatan secara otomatis. Aplikasi tracker dapat diunduh dengan mengakses <https://physlets.org/tracker/>.

Pentingnya mempelajari sifat-sifat gerak pada fluida kental salah satunya adalah bagaimana memvisualisasikan proses-proses gerak sehingga dapat membuat peserta didik tertarik dan konsep fisika. Sementara pemahaman tentang perilaku

gerakan bola dalam cairan kental jelas penting dalam aplikasi dunia nyata (Eso et al., 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker.

Metode

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker. Aplikasi video tracker digunakan untuk menganalisis video bola jatuh ke dalam fluida sehingga diperoleh data posisi terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat ditentukan kecepatan terminal bola dengan melihat nilai kecepatan yang sering muncul.

Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker adalah tabung akrilik tabung sepanjang 115 cm dan berdiameter 5 cm yang dilengkapi dengan skala, saringan bertangkai untuk mengambil bola, jangka sorong, neraca, gelas ukur, bola pejal berupa kelereng, fluida cair berupa pelumas atau oli SAE 20W-50 dan gliserin, kamera beserta dudukannya, aplikasi video tracker versi 5.1.1, dan laptop. Rancangan alat percobaan ditunjukkan oleh gambar 1.

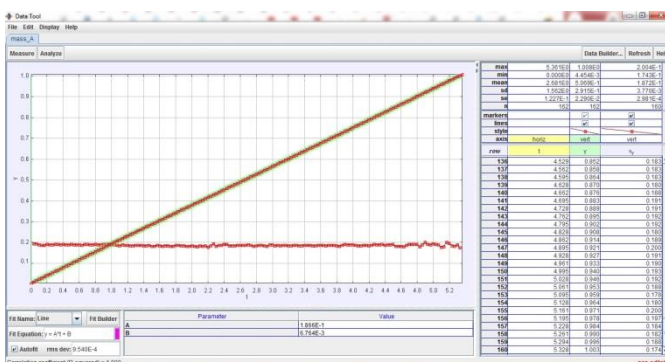


(a)

(b)

Gambar 1. (a) Tabung yang belum diisi fluida, (b) Tabung yang telah diisi oli SAE 20W-50

Pada penelitian ini, digunakan tiga jenis bola berdiameter 1,09 cm, 1,56 cm, dan 1,57 cm. Setiap satu jenis bola dilakukan pengulangan rekaman video sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh nilai rata-rata kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas fluida. Hasil rekaman video dimasukkan ke dalam aplikasi video tracker untuk dianalisis.



Gambar 2. Hasil analisis video bola jatuh dengan aplikasi tracker

Adapun langkah analisis video dengan tracker dimulai dengan meng-import video rekaman bola jatuh, lalu mengatur frame video atau bagian yang akan dianalisis. Kemudian kalibrasi stik diatur agar jarak video sesuai dengan jarak tabung sebenarnya dengan cara klik Track >> New >> Callibration Tools >> Callibration Stick. Setelah itu, sumbu x

dan y ditampilkan dengan cara klik Track >> axes >> Visible. Kemudian pusat massa diatur dengan cara klik Track >> New >> Point Mass dan menuliskan massa bola, lalu pusat massa ditentukan dengan cara tekan Ctrl + Shift pada keyboard dan klik pusat massa bola secara bersamaan. Selanjutnya memulai tracking dengan cara klik Search. Kemudian grafik diatur sehingga diperoleh grafik y terhadap t dan grafik v_y terhadap t. Lalu untuk melihat analisis secara lengkap caranya double klik grafik sehingga muncul tampilan Data Tool. Gambar 2 menunjukkan contoh hasil analisis aplikasi video tracker.

Hasil analisis v_y digunakan untuk menentukan kecepatan terminal bola dengan cara memilih nilai v_y yang sering muncul. Setelah menentukan kecepatan terminal, maka koefisien viskositas dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}{9v} \tag{1}$$

Keterangan:

η = koefisien viskositas (Ns/m²)

v = kecepatan terminal bola (m/s)

r = jari-jari bola (m)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ρ_b = massa jenis bola (kg/m³)

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m³)

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini digunakan tiga jenis bola yaitu kelereng berdiameter 1,56 cm, 1, 57 cm, dan 1, 09 cm yang selanjutnya disebut dengan bola I, bola II, dan bola III. Sebelum menganalisis kecepatan terminal dengan aplikasi video tracker, dilakukan pengukuran untuk mengetahui karakteristik bola dan fluida yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Pengukuran karakteristik bola

Pengukuran	Jenis bola		
	Bola I	Bola II	Bola III
Massa (kg)	5,12 x 10 ⁻³	5,37 x 10 ⁻³	1,84 x 10 ⁻³
Diameter (m)	1,56 x 10 ⁻²	1,57x 10 ⁻²	1,09 x 10 ⁻²
Jari-jari (m)	7,8 x 10 ⁻³	7,85 x 10 ⁻³	5,45 x 10 ⁻³
Volume (m ³)	1,987 x 10 ⁻⁶	2,025 x 10 ⁻⁶	6,78 x 10 ⁻⁷
Massa jenis (kg/m ³)	2577	2652	2714

Tabel 2. Pengukuran karakteristik fluida

Pengukuran	Fluida
------------	--------

	Oli SAE 20W-50	Gliserin
Massa jenis (kg/m ³)	874,7	1260
Suhu (°C)	25	25

Selanjutnya dilakukan analisis video bola jatuh ke dalam fluida dengan aplikasi video tracker. Hasil analisis tracker didapatkan kecepatan terminal bola. Adapun koefisien viskositas didapatkan dari persamaan hukum Stokes. Data kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas oli SAE 20W-50 ditunjukkan oleh Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, kecepatan terminal bola I dan bola II tidak terlalu besar perbedaannya. Hal ini dikarenakan diameter bola I dan bola II yang tidak jauh berbeda sedangkan bola III memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan bola I dan bola II. Tabel 3 menunjukkan semakin kecil diameter bola, maka bola akan bergerak semakin lambat. Adapun nilai rata-rata kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas oli SAE 20W-50 ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 3. Kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas oli SAE 20W-50

Jenis bola	Pengulangan ke-	Kecepatan terminal bola (m/s)	Koefisien viskositas oli SAE 20W-50 (Ns/m ²)
Bola I	1	0,242	0,932
	2	0,250	0,902
	3	0,249	0,906
Bola II	1	0,250	0,954
	2	0,248	0,962
	3	0,251	0,950
Bola III	1	0,183	0,650
	2	0,191	0,623
	3	0,188	0,633

Tabel 4. Nilai rata-rata kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas oli SAE 20W-50

Jenis bola	Kecepatan terminal bola (m/s)	Koefisien viskositas oli SAE 20W-50 (Ns/m ²)
Bola I	0,247	0,913
Bola II	0,250	0,955

Bola III	0,187	0,635
----------	-------	-------

Oli yang dipakai dalam penelitian ini adalah oli bermerek repsol. Viskositas oli repsol SAE 20W-50 pada suhu 40°C adalah 161 cSt atau sama dengan 0,161 Ns/m². Adapun pada suhu 100°C, koefisien viskositasnya 18,5 cSt atau sama dengan 0,0185 Ns/m² (Repsol, 2018). Viskositas dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka koefisien viskositas semakin kecil dan oli akan menjadi lebih encer (Lumbantoruan & Yulianti, 2016). Pada penelitian ini oli bersuhu 25°C, maka koefisien viskositas seharusnya lebih kecil daripada 0,161 Ns/m². Namun pada penelitian ini, diperoleh koefisien viskositas oli SAE 20W-50 yang lebih besar dari 0,161 Ns/m². Hal ini menunjukkan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker kurang akurat untuk mengukur koefisien viskositas oli SAE 20W-50.

Penelitian ini juga menganalisis kecepatan terminal bola yang jatuh ke dalam tabung berisi gliserin dan selanjutnya koefisien viskositas gliserin dapat diketahui dengan persamaan hukum Stokes. Data kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas gliserin ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas gliserin

Jenis bola	Pengulangan ke-	Kecepatan terminal bola (m/s)	Koefisien viskositas gliserin (Ns/m ²)
Bola I	1	0,095	1,837
	2	0,088	1,983
	3	0,092	1,897
Bola II	1	0,093	2,001
	2	0,088	2,123
	3	0,090	2,076
Bola III	1	0,064	1,469
	2	0,066	1,425
	3	0,065	1,447

Tabel 5 menunjukkan besarnya kecepatan terminal bola I dan bola II tidak jauh berbeda karena diameternya hampir sama. Semakin kecil diameter bola, maka kecepatan terminal bola juga semakin kecil. Adapun nilai rata-rata kecepatan terminal

dan koefisien viskositas gliserin ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas gliserin

Jenis bola	Kecepatan terminal bola (m/s)	Koefisien viskositas gliserin (Ns/m ²)
Bola I	0,092	1,906
Bola II	0,090	2,067
Bola III	0,065	1,447

Koefisien viskositas gliserin bersuhu 20°C adalah 1,5 Ns/m² (Giancoli, 2005). Adapun pada penelitian ini gliserin bersuhu 25°C. Viskositas dipengaruhi oleh perubahan suhu. Apabila suhu naik maka viskositas menjadi turun atau sebaliknya (Damayanti et al., 2018). Koefisien viskositas yang didapatkan dari analisis viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker yang mendekati teori adalah pada penggunaan bola III. Koefisien viskositas dari bola III adalah 1,447 Ns/m². Jadi viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker dapat digunakan untuk mengukur koefisien viskositas gliserin.

Koefisien viskositas menunjukkan tingkat kekentalan fluida, semakin besar koefisien viskositas maka kekentalannya semakin besar. Semakin kental suatu fluida menyebabkan semakin sulit fluida tersebut mengalir. Selain itu semakin kental suatu fluida menyebabkan benda semakin sulit bergerak di dalam fluida tersebut (Effendi & Adawiyah, 2014). Jadi semakin besar koefisien viskositas fluida, maka kecepatan terminal benda semakin kecil atau koefisien viskositas fluida berbanding terbalik dengan kecepatan terminal benda yang bergerak di dalamnya (Setiawati & Radiyono, 2017).

Perbandingan koefisien viskositas oli SAE 20W-50 dan gliserin yang didapatkan dari penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel 7. Adapun perbandingan kecepatan terminal bola yang bergerak di dalam oli SAE 20W-50 dan gliserin ditunjukkan oleh Tabel 8.

Tabel 7. Perbandingan koefisien viskositas oli SAE 20W-50 dan gliserin

Objek	Koefisien viskositas (Ns/m ²)
-------	-------------------------------------------

	Oli SAE 20W-50	Gliserin
Bola I	0,913	1,906
Bola II	0,955	2,067
Bola III	0,635	1,447

Tabel 8. Perbandingan kecepatan terminal bola

Objek	Kecepatan terminal bola yang bergerak di dalam (m/s)		
	Oli SAE 20W-50		Gliserin
Bola I	0,247		0,092
Bola II	0,250		0,090
Bola III	0,187		0,065

Tabel 7 menunjukkan koefisien viskositas gliserin lebih besar daripada koefisien viskositas oli SAE 20W-50. Adapun tabel 8 menunjukkan kecepatan terminal benda yang bergerak di dalam gliserin lebih rendah dibandingkan kecepatan terminal benda yang bergerak di dalam oli SAE 20W-50. Berdasarkan hasil tersebut, viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker dapat dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan antara koefisien viskositas fluida dengan kecepatan terminal benda yang bergerak di dalamnya. Berdasarkan Tabel 7 nilai rata-rata koefisien viskositas oli SAE 20W-50 adalah 0,834 Ns/m² dan rata-rata koefisien viskositas gliserin adalah 1,807 Ns/m².

Penelitian viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker merupakan pengembangan dari viskometer bola jatuh yang merode pengukuran waktu bola jatuhnya menggunakan *stopwatch*. Penelitian tentang viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker telah dilakukan oleh Marliani et al. (2015), Setiawati & Radiyono (2017), Eso et al. (2017), Damayanti et al. (2018), dan Susanti & Asmoro (2019). Pengembangan alat viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker yang dilakukan oleh peneliti pada penelitian ini adalah menggunakan tabung viskometer bola jatuh yang digunakan memiliki panjang 115 cm dan diameter 5 cm, sehingga waktu pengamatan benda jatuh lebih panjang. Tabung ini terbuat dari akrilik yang bening sehingga tidak menghalangi gerakan benda yang jatuh di dalam fluida. Selain itu, pada tabung

terdapat skala yang dapat direkam oleh kamera dengan jelas sehingga meningkatkan ketepatan pengukuran panjang lintasan bola jatuh di dalam fluida.

Adapun pengembangan cara kerja pada praktikum viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker yang peneliti lakukan adalah proses tracker dimulai saat bola masuk ke dalam fluida sampai ke dasar tabung sehingga tidak membuat batas tertentu pada tabung viskometer. Hal ini dilakukan agar proses tracking berjalan lebih lama dan didapatkan hasil yang lebih lengkap. Selain itu, data kecepatan terminal langsung diperoleh dari analisis grafik v_y terhadap t pada tracker sehingga tidak perlu menyalin data dari tracker ke aplikasi lain untuk memperoleh data kecepatan terminal.

Praktikum viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker ini cocok digunakan pada pembelajaran jarak jauh akibat pandemi covid-19 yang berlangsung saat ini. Skenario praktikum yang dapat dilakukan guru yaitu guru merekam video bola jatuh ke dalam fluida kemudian peserta didik melakukan analisis kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas dari rekaman video tersebut. Dengan scenario ini, peserta didik dapat lebih memahami konsep viskositas dan meningkatkan keaktifan peserta didik dalam pembelajaran fisika.

Meskipun peneliti telah mengembangkan tabung viskometer bola jatuh, pada penelitian ini masih terdapat perbedaan antara teori dengan hasil penelitian, hal ini disebabkan oleh kualitas video yang kurang jelas sehingga mempengaruhi penentuan pusat massa dan analisis tracker. Selain itu faktor keterbatasan sumber acuan untuk koefisien viskositas yang berbeda suhunya juga mempengaruhi hasil penelitian ini.

Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker untuk menentukan kecepatan terminal bola dan koefisien viskositas fluida. Hasil dari penelitian ini yaitu diperoleh kecepatan terminal bola I, II, dan III yang bergerak jatuh di dalam oli SAE 20W-50 secara berturut-turut adalah 0,247 m/s, 0,250 m/s, dan 0,187 m/s. Adapun kecepatan terminal bola I, II, dan III yang bergerak jatuh di dalam gliserin adalah 0,092 m/s, 0,090 m/s, dan 0,065 m/s.

Setelah didapatkan kecepatan terminal bola, koefisien viskositas dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip hukum Stokes. Koefisien viskositas rata-rata oli SAE 20W-50 dan gliserin masing-masing adalah 0,834 Ns/m² dan 1,807 Ns/m².

Viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker dapat menentukan koefisien viskositas gliserin secara akurat dengan menjatuhkan bola III yang memiliki diameter 1,09 cm. Namun kurang akurat untuk menentukan koefisien viskositas oli SAE 20W-50. Ketidakakuratan ini disebabkan oleh kualitas video yang kurang baik sehingga mempengaruhi penentuan pusat massa dan analisis pada tracker.

Keakuratan viskometer bola jatuh berbantuan aplikasi video tracker dapat ditingkatkan dengan cara memastikan video bola jatuh terekam dengan jelas. Selain itu, peneliti sarankan agar saat pengambilan video bola jatuh tidak ada pantulan cahaya pada tabung akrilik. Kemudian memastikan bahwa tidak ada bayangan yang dapat mempengaruhi warna bola dan tabung yang ditangkap oleh video. Perbedaan warna ini dapat menyebabkan berhentinya analisis tracker padahal bola belum sampai pada dasar tabung. Peneliti juga menyarankan agar dapat dilakukan penelitian lain tentang pengaruh suhu terhadap berbagai jenis fluida.

Referensi

- Damayanti, Y., Lesmono, A. D., & Prihandono, T. (2018). Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(3), 307–314. <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/jpf.v7i3.8606>
- Effendi, M. S., & Adawiyah, R. (2014). Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur pada Beberapa Merek Minyak Pelumas. *Jurnal Intekna*, 14(1), 1–9. <https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/intekna/article/view/159>
- Eso, R., Kasmianti, S., Hunaidah, Amiruddin, T., & Mursyid, A. (2017). Simulation of Terminal Velocity and Viscosity of Fluid Using

- Analysis Video with Tracker and Modells. *International Journal of Education and Research*, 5(10), 165–172. <https://www.ijern.com/journal/2017/October-2017/15.pdf>
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics: principles with applications* (Sixth). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Lumbantoruan, P., & Yulianti, E. (2016). Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli). *Sainmatika Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(2), 26–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v13i2.993>
- Manurung, L. S., & Sudrajad, H. (2018). Design and Build Up the Stirrer Viscometer. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 98–104. <https://doi.org/10.31258/jgs.6.2.98-104>
- Marliani, F., Wulandari, S., Fauziyah, M., & Nugraha, M. G. (2015). Penerapan Analisis Video Tracker dalam Pembelajaran Fisika SMA untuk Menentukan Nilai Koefisien Viskositas Fluida. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains, June 2015*.
- Mukharomah, F., Mutiarani, A., Supriyadi, & 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/https://doi.org/10.17509/wapfi.v6i1.32385>
- Oktova, R., & Diana, N. (2013). Penentuan Koefisien Viskositas Air Menggunakan Metode Getaran Pegas Dengan Koreksi Kedalaman Penetrasi dan Koreksi Efek Dinding. *Berkala Fisika Indonesia*, 5(1), 25–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v5i1.247>
- Putri, B. M. L., Putri, S. O., Muchtadi, F. I., & Mukhlis, F. (2013). Pembuatan Prototipe Viskometer Bola Jatuh Menggunakan Sensor Magnet dan Bola Magnet. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 5(2), 101–111. <https://doi.org/10.5614/joki.2013.5.2.6>
- Repsol. (2018). *Performance 20W-50*. https://www.repsol.com/imagenes/global/en/RP_PERFORMANCE_20W50_tcm14-122421.pdf
- Sarjono. (2018). Pentingnya Laboratorium Fisika di SMA/MA dalam Menunjang Pembelajaran Fisika. *Jurnal Madaniyah*, 8(2), 262–271.
- Setiawati, D., & Radiyono, Y. (2017). Analisis Hubungan Kecepatan Terminal dengan Viskositas Zat Cair Menggunakan Software Tracker. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/jmpf.v7i2.31378>
- Susanti, H., & Asmoro, C. P. (2019). Rekonstruksi Set Alat Percobaan Viskositas. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 4(1), 31–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.17509/wapfi.v4i1.15812>