



Analisis Hubungan Kecepatan Terminal dengan Viskositas Zat Cair Menggunakan *Software Tracker*

Diah Setiawati¹, Yohanes Rادیونو²

^{1,2} Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, Telp/Fax (0271) 648939
Email : diahsetia0@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan cara menganalisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *Software Tracker*. Prinsip kerja penelitian ini yaitu merekam video benda jatuh di dalam zat cair kemudian menghitung viskositas zat cair tersebut dengan menganalisis video rekamannya. Objek yang digunakan menggunakan bola besi dan kelereng yang jatuh di dalam minyak goreng dan oli masing-masing dianalisis menggunakan *software* video analisis bernama *Tracker*, dan didapatkan nilai besarnya kecepatan terminal di dalam masing-masing zat cair. Kemudian besarnya viskositas zat cair dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Stokes, serta mengkalibrasi data dengan percobaan manual menggunakan stopwatch untuk memperoleh data yang valid.

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh bahwa besarnya kecepatan terminal kelereng di dalam zat cair berbanding terbalik dengan viskositas zat cair tersebut. Semakin besar viskositas zat cair semakin kecil kecepatan terminal objek. Data percobaan menggunakan *Tracker* juga tidak berbeda jauh dengan percobaan manual menggunakan stopwatch. Dengan menggunakan video analisis *Tracker* dapat dianalisis kecepatan terminal benda yang jatuh di dalam zat cair dan viskositas zat cair.

Kata kunci : kecepatan terminal, viskositas, *Tracker*

1. Pendahuluan

Salah satu sifat dari zat cair adalah memiliki koefisien kekentalan yang berbeda-beda. Kekentalan atau viskositas pada zat cair terjadi karena adanya gaya kohesi sedangkan pada zat gas viskositas terjadi karena adanya tumbukan antara molekul. Viskositas menentukan kemudahan suatu molekul bergerak karena adanya gesekan antar lapisan material. Fluida yang lebih cair akan lebih mudah mengalir (Ningrum, 2014: 57).

Kecepatan aliran berbeda karena adanya perbedaan viskositas. Besarnya viskositas dinyatakan dengan suatu bilangan yang menyatakan kekentalan suatu zat cair. Viskositas yang dimiliki setiap fluida berbeda dan dinyatakan secara kuantitatif oleh koefisien viskositas η (Giancoli, 2001: 347).

Pada saat ini sangat jarang ditemukan alat untuk menentukan nilai viskositas suatu cairan, yaitu viskometer. Masih sedikit sekolah-sekolah yang menggunakan alat tersebut terutama siswa-siswa SMA yang mempelajari topik viskositas dalam kegiatan praktikumnya. Sementara pembelajaran dengan praktikum dapat meningkatkan hasil belajar

atau daya serap siswa (Simalango & Muchtar, 2008: 20 dalam Lumbantobing, 2012: 1).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Budianto (2008: 157), telah diuji kekentalan air, minyak goreng, oli, serta pengaruh suhu terhadap kekentalan masing-masing cairan. Metode yang digunakan adalah metode bola jatuh. Dari penelitian menunjukkan bahwa kekentalan air, minyak goreng, dan oli

pada suhu 27°C berturut-turut yaitu (0,259±0,01) poise, (2,296±0,01) poise, (8,519±0,151) poise. Pada suhu 90°C nilai kekentalan air, minyak goreng, dan oli masing-masing adalah (0,234±0,013) poise, (1,353±0,048) poise, (1,492±0,043) poise.

Penelitian Widayanti dkk (2011) untuk menentukan koefisien viskositas larutan gula dengan metode pipa kapiler. Koefisien viskositas dihitung melalui analisis regresi linier hubungan tinggi larutan gula h terhadap debit alir Q ,

dan pengambilan data untuk penentuan koefisien viskositas dilakukan dengan mengukur tinggi larutan gula h dan debit alirnya Q yang dilakukan secara berulang sebanyak lima kali. Koefisien viskositas dihitung dari gradien garis hasil

regresi h terhadap Q . Dari lima tinggi larutan gula berbeda diperoleh nilai viskositas larutan gula (0,384±0,073) poise.

Percobaan-percobaan terdahulu masih menggunakan sistem pengambilan data yang manual, sehingga hasil yang diperoleh kurang akurat. Selain itu alat ukur viskositas yang saat ini beredar di masyarakat harganya sangat mahal sehingga kebanyakan hanya digunakan untuk kebutuhan industri (Ningrum, 2014: 58).

Hantoro & Suharno (2014: 35) mengatakan bahwa analisis video digital menjadi semakin berpengaruh dalam pendidikan fisika karena tampilan visual dapat membuat pembelajaran lebih menarik dan dapat diakses bagi siswa. Karena itu belajar fisika dengan analisis video digital, telah terus ditingkatkan dalam hal perangkat keras, perangkat lunak serta isinya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sirisahitkul (2013: 1) dari file video yang direkam oleh sebuah kamera digital konvensional atau Webcam, gerak suatu benda dapat dianalisis. Untuk tujuan ini, paket perangkat lunak komersial seperti Vernier, Logger Pro dan Coach CMA telah dikembangkan. Bahkan Tracker oleh Open Source Fisika tersedia sebagai freeware. Paket perangkat lunak ini dapat digunakan dalam pengajaran mekanika dasar dengan memvisualisasikan gerak dan menganalisis posisi objek. Selain itu, beberapa gerakan olahraga yang berhasil dianalisis untuk meningkatkan daya tarik belajar fisika. Misalnya, Palang menjelaskan perilaku memantul bola tenis. Heck dan Ellermeijer menggunakan Coach untuk menganalisis berlari pelari, sedangkan Chanpichai dan Wattanakasiwich menggunakan Tracker untuk menganalisis lempar bola basket.

Berdasarkan uraian latar belakang, ada permasalahan yang dapat diidentifikasi. Permasalahan tersebut yaitu: Bagaimana cara menganalisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *software Tracker*?

Tujuan dari penelitian ini yaitu menjelaskan cara menganalisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *software Tracker*.

2. Pembahasan

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menganalisis video hasil rekaman pada gerak benda yang jatuh di dalam zat cair dengan *Software Tracker*. Dengan melakukan tracking terhadap video rekaman gerak bola besi yang jatuh di dalam zat cair, dapat diperoleh data waktu. Kemudian dari data tersebut dan ditambah dengan data-data lain dapat dihitung viskositas zat cair.

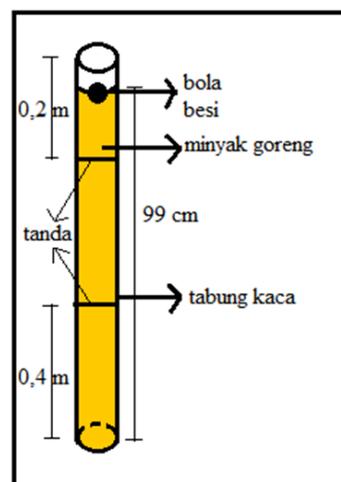
Prosedur penelitian ini yaitu

- mengukur massa, volume, dan suhu zat cair

- menghitung massa jenis zat cair dengan persamaan

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f} \quad (1)$$

- mengukur massa, diameter, dan massa jenis bola besi & kelereng.
- Mengisi zat cair ke dalam tabung kaca
- Menandai tabung dengan jarak 0,2 m dari atas tabung dan 0,4 m dari bawah tabung seperti pada Gambar 1 Pada sekitar jarak tersebut diprediksi bola besi mengalami kecepatan terminal pada waktu t yang dihitung dengan Persamaan $t = d/v_t$, dimana d adalah jarak 0,2 m dari atas tabung dan 0,4 m dari bawah tabung dan v_t adalah kecepatan terminal.
- Menjatuhkan bola besi ke dalam zat cair tanpa kecepatan awal tepat pada permukaan zat cair seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Percobaan dengan 2 Tanda

- Merekam bola besi yang jatuh ke dalam zat cair dengan kamera hingga 10x.
- Melakukan percobaan di atas dengan masing-masing zat cair (minyak dan oli).
- Mengulangi percobaan di atas dengan menggunakan kelereng.
- Menganalisis video rekaman hasil eksperimen dengan *Software Tracker*.

2.2. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan dari percobaan untuk mengetahui hubungan kecepatan terminal dan viskositas zat cair didapatkan data seperti pada tabel-tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Objek

Pengukuran	Objek	
	Bola besi	Kelereng
Massa (kg)	0,0044	0,0055
Diameter (m)	0,01024	0,0172
Jari-jari (m)	0,00512	0,0086
Volume (m ³)	5,61925x 10 ⁻⁷	7830,228016
Massa jenis (km ³)	2,66295 x 10 ⁻⁶	2065,375167

Tabel 2. Karakteristik Bahan

Zat cair	Massa Jenis (kgm ³)	Suhu (°C)
Minyak Goreng (Filma)	974,5820623	25
Oli (SAE 20W-40)	846,3414634	25

Tabel 3 merupakan hasil yang dilaporkan dari percobaan menggunakan *Tracker*.

Tabel 3. Kecepatan Terminal Bola Besi dan Viskositas Zat Cair

Zat cair	Kecepatan terminal (v _t ± Δv _t) (m/s)		Viskositas (η ± Δη) (N.s/m ²)	
	Bola besi	Kele-reng	Bola besi	Kele-reng
Minyak goreng	(0,94 ± 0,01)	(0,45 ± 0,03)	(0,42 ± 0,00)	(0,39 ± 0,01)
Oli	(0,65 ± 0,01)	(0,41 ± 0,00)	(0,61 ± 0,01)	(0,48 ± 0,01)

Untuk mengetahui keakuratan data di atas, maka dilakukan kalibrasi data dengan melakukan percobaan secara manual yaitu dengan stopwatch.

Tabel 4. Kecepatan Terminal dan Viskositas pada Minyak Goreng

Objek	Kecepatan terminal (v _t ± Δv _t) (m/s)		Viskositas (η ± Δη) (N.s/m ²)	
	0,2-0,4 m	0,3-0,3 m	0,2-0,4 m	0,3-0,3 m
Bola besi	(0,98 ± 0,05)	(1,1 ± 0,1)	(0,4 ± 0,0)	(0,4 ± 0,0)
Kele-reng	(0,35 ± 0,01)	(0,38 ± 0,01)	(0,50 ± 0,01)	(0,46 ± 0,01)

Tabel 5. Kecepatan Terminal dan Viskositas pada Oli

Objek	Kecepatan terminal (v _t ± Δv _t) (m/s)		Viskositas (η ± Δη) (N.s/m ²)	
	0,2-0,4 m	0,3-0,3 m	0,2-0,4 m	0,3-0,3 m
Bola besi	(0,7 ± 0,1)	(0,73 ± 0,03)	(0,6 ± 0,0)	(0,55 ± 0,02)
Kele-reng	(0,22 ± 0,00)	(0,23 ± 0,00)	(0,89 ± 0,01)	(0,85 ± 0,01)

Sedangkan tabel 6. merupakan nilai viskositas menurut teori, yang digunakan sebagai pembanding nilai viskositas percobaan.

Tabel 6. Kecepatan Terminal dan Viskositas Menurut Teori

Zat cair	Suhu (T) (°C)	Viskositas η (N.s/m ²)	Kecepatan terminal (m/s)	
			Bola besi	Kelereng
Oli SAE 20W-40 (Evalube, 2015: 1)	40	9,430	0,042296	0,0020827

2.3. Pembahasan

Prinsip kerja dari penelitian ini adalah dengan merekam jatuhnya bola besi ke dalam tabung yang sudah ditandai pada jarak 0,2 m dari atas tabung dan 0,4 m dari bawah tabung yang berisi zat cair (minyak goreng dan oli) menggunakan kamera digital. Kemudian video tersebut dipindahkan ke laptop untuk dianalisis menggunakan software Tracker. Objek bola besi pada video ditracking agar dapat melihat data yang keluar. Untuk pengambilan datanya, nilai kecepatan terminal diperoleh dari gradien grafik hubungan antara jarak r dan waktu t di antara dua jarak tanda yang telah dibuat, dengan persamaan r=at+b, dimana a adalah gradien atau nilai kecepatan, dan b adalah konstanta seperti pada Gambar 1. Percobaan tersebut diulang hingga 10 kali dan menghitung rata-rata dari kecepatan terminal. Kemudian menghitung nilai viskositas dengan persamaan :

$$v_t = \frac{2gr^2}{9\eta} (\rho_b - \rho_f) \quad (2)$$



Gambar 1. Grafik Analisis Kecepatan Terminal Tracker

Dari hasil pengamatan *Tracker* pada Tabel 3, dan hasil pengamatan percobaan manual pada Tabel 4 dan Tabel 5 dapat dilihat bahwa kecepatan terminal yang dialami objek berbanding terbalik dengan besarnya viskositas zat cair. Semakin besar

viskositas zat cair semakin kecil kecepatan terminal objek.

Tabel 7. Perbandingan Kecepatan Terminal Menggunakan Bola Besi (0,2-0,4 m)

Metode Percobaan	Minyak goreng		Oli	
	v_t (m/s)	KR	v_t (m/s)	KR
Tracker	(0,94 ± 0,01)	1,09%	(0,65 ± 0,01)	1,19%
Manual	(0,98 ± 0,05)	4,9%	(0,7 ± 0,1)	8,06%

Jika hasil pengamatan pada *Tracker* dibandingkan dengan hasil pengamatan pada percobaan manual seperti pada Tabel 7, maka hanya sedikit perbedaan pada hasil kecepatan terminal bila menggunakan bola besi pada minyak goreng dengan rentang 0,2-0,4 m.

Tabel 8. Perbandingan Viskositas Menggunakan Bola Besi (0,2-0,4 m)

Metode Percobaan	Minyak goreng		Oli	
	η (N.s/m ²)	KR	η (N.s/m ²)	KR
Tracker	(0,42 ± 0,00)	1,1%	(0,61 ± 0,01)	1,19%
Manual	(0,4 ± 0,0)	5,01%	(0,6 ± 0,0)	8,21%

Sedangkan nilai viskositas berdasarkan hasil pengamatan *Tracker* dan hasil pengamatan percobaan manual juga memiliki sedikit perbedaan seperti pada Tabel 8, bila menggunakan bola besi pada minyak goreng dengan rentang 0,2-0,4 m.

Tabel 9. Perbandingan Kecepatan Terminal Menggunakan Kelereng (0,2-0,4 m)

Metode Percobaan	Minyak goreng		Oli	
	v_t (m/s)	KR	v_t (m/s)	KR
Tracker	(0,45 ± 0,03)	2,25%	(0,41 ± 0,00)	1,097%
Manual	(0,35 ± 0,01)	2,08%	(0,22 ± 0,00)	0,88%

Namun jika dilihat dari objek kelereng maka hasilnya agak jauh berbeda antara hasil pengamatan *Tracker* dengan hasil pengamatan manual seperti pada Tabel 9.

Tabel 10. Perbandingan Viskositas Menggunakan Kelereng (0,2-0,4 m)

Metode Percobaan	Minyak goreng		Oli	
	η (N.s/m ²)	KR	η (N.s/m ²)	KR
Tracker	(0,39 ± 0,01)	2,5%	(0,48 ± 0,01)	1,1%
Manual	(0,50 ± 0,01)	2,06%	(0,89 ± 0,01)	0,87%

Sedangkan nilai viskositas berdasarkan hasil pengamatan *Tracker* dan hasil pengamatan percobaan manual juga memiliki perbedaan yang agak jauh seperti pada Tabel 10, bila menggunakan kelereng pada minyak goreng dengan rentang 0,2-0,4 m.

Dari hasil perbandingan nilai di atas dapat disimpulkan bahwa objek yang baik untuk menentukan kecepatan terminal dan viskositas zat cair adalah bola besi dengan rentang 0,2-0,4 m.

Tabel 11. Perbandingan Viskositas dan Kecepatan Terminal Oli SAE 20W-40 Berdasarkan Metode Percobaan

Metode	Suhu	η (N.s/m ²)		v_t (m/s)	
		Bola	Kele- reng	Bola	Kele- reng
Teori	40	0,0943		4,22966	0,20827
Tracker	25	(0,61 ± 0,01)	(0,48 ± 0,01)	(0,65 ± 0,01)	(0,41 ± 0,00)
Manu- al	25	(0,6 ± 0,0)	(0,89 ± 0,01)	(0,7 ± 0,1)	(0,22 ± 0,00)

Dari Tabel 11. dapat dilihat bahwa nilai viskositas menurut teori dari laman Evalube (2015:1) berbeda jauh dengan hasil dari percobaan *Tracker* dan manual. Begitu juga nilai kecepatan terminalnya pun berbeda. Hal ini dikarenakan suhu acuan yang berbeda, sehingga dapat mempengaruhi viskositas oli tersebut.

Ada beberapa penelitian yang menjelaskan bahwa kenaikan suhu dapat menurunkan viskositas oli, antara lain:

1. Budianto, (2008: 157) dalam penelitiannya Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair Dengan Menggunakan Regresi Linier Hukum Stokes. Telah dilakukan uji yang bertujuan untuk mengetahui nilai viskositas air, minyak goreng, oli serta untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap nilai viskositas masing-masing. Metode yang digunakan adalah metode bola jatuh. Penelitian dilakukan ketika bola telah bergerak dengan kecepatan konstan (GLB), maka berlaku, $w = F_s + F_A$ dengan w = gaya berat bola, F_s = gaya Stokes, F_A = gaya Archimedes. Penelitian dimulai dengan menjatuhkan bola ke dalam fluida, dilanjutkan mencatat waktu tempuh bola (t) oleh variasi jarak (d) dari 50 cm sampai 150 cm. Dari hasil analisis data diperoleh viskositas air, minyak goreng dan oli pada suhu 27 °C berturut-turut yaitu (0,259+0,01) poise, (2,296 + 0,024) poise, dan (8,519+ 0,151) poise. Pada

- suhu 90°C nilai viskositas air, minyak goreng dan oli masing-masing adalah $(0,234+0,013)$ poise, $(1,353+ 0,048)$ poise dan $(1,492+0,043)$ poise. Dengan demikian, jika suhu cairan dinaikkan, maka nilai viskositas akan berkurang.
2. Didik Nurhadiyanto (2005: 1) dalam penelitiannya Pengaruh Temperatur Kerja Minyak Pelumas Jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50 dan SAE 40W Terhadap Viskositas. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh temperatur kerja (pada suhu 35°C , 55°C , 95°C dan 130°C) pada pelumas jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50 dan jenis SAE 40W terhadap viskositas. Hasil pengujian memperlihatkan kenaikan temperatur kerja pada minyak pelumas terutama jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W akan mengurangi tingkat kekentalan yang ditandai dengan kenaikan kecepatan motor dengan beban yang sama. Viskositas pelumas pada suhu rendah berbeda untuk jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W, namun pada suhu tinggi ketiga jenis pelumas cenderung memiliki viskositas yang hampir sama.
 3. Parmin Lumbantoruan (2016: 26-34) dalam penelitiannya Pengaruh Suhu pada Viskositas Oli. Dari penelitian ini yang dilakukan maka diperoleh hasil ketiga jenis oli yaitu oli A pada suhu 55°C nilai viskositas menjadi 90.895 cSt, pada suhu 100°C nilai viskositas menjadi 20.875 cSt, oli B pada suhu 55°C nilai viskositas menjadi 86.825 cSt, pada suhu 100°C nilai viskositas menjadi 23.580 cSt, oli C pada suhu 55°C nilai viskositas menjadi 87.519 cSt, pada suhu 100°C nilai viskositas menjadi 21.397 cSt. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai viskositas dan oli akan menjadi encer. Dari ketiga jenis oli tersebut oli B tidak mengalami perubahan signifikan saat dipanaskan.

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan nilai viskositas percobaan dengan teori diantaranya:

1. Gerak objek yang terekam dalam video *Tracker* tidak begitu jelas sehingga sulit dalam menentukan titik pusat massa gerak objek.
2. Kualitas video rekaman. Pada penelitian ini kamera yang digunakan memiliki spesifikasi resolusi 1280×720 pixel dengan 30 fps (*frame per sekon*).
3. Gerak bola dalam fluida yang tidak lurus (sedikit miring), serta bisa jadi gerak bola dalam fluida juga tak hanya bergerak translasi (lurus) saja, melainkan juga bola bergerak rotasi.
4. Adanya perbedaan suhu acuan, sehingga dapat mempengaruhi nilai viskositas oli.

3. Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *Software Tracker*, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

Cara menganalisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *software Tracker* adalah dengan merekam jatuhnya bola besi ke dalam tabung yang sudah ditandai pada jarak 0,2 m dari atas tabung dan 0,4 m dari bawah tabung yang berisi zat cair (minyak goreng dan oli) menggunakan kamera digital. Kemudian video tersebut dipindahkan ke laptop untuk dianalisis menggunakan *software Tracker*. Objek bola besi pada video ditracking agar dapat melihat data yang keluar. Untuk pengambilan datanya, nilai kecepatan terminal diperoleh dari gradien grafik hubungan antara jarak r dan waktu t di antara dua jarak tanda yang telah dibuat, dengan persamaan $r=at+b$, dimana a adalah gradien atau nilai kecepatan, dan b adalah konstanta. Percobaan tersebut diulang hingga 10 kali dan menghitung rata-rata dari kecepatan terminal. Kemudian menghitung nilai viskositas

dengan persamaan
$$v_t = \frac{2gr^2}{9\eta}(\rho_b - \rho_f)$$
 Dari hasil percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan terminal objek berbanding terbalik dengan viskositas zat cair. Objek yang baik untuk menentukan kecepatan terminal dan nilai viskositas adalah bola besi. Ketepatan dalam penelitian ini sangat bergantung pada kualitas video hasil rekaman dan ketelitian dalam melakukan *tracking* hasil rekaman.

3.2 Saran

Berdasarkan simpulan dari analisis hubungan kecepatan terminal dengan viskositas zat cair menggunakan *Software Tracker*, peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Bagi pembaca yang ingin melakukan percobaan viskositas ini, disarankan menggunakan kamera yang beresolusi tinggi

minimal 30 frames/second sehingga objek yang akan dilacak terlihat jelas.

2. Pembahasan materi viskositas amat sempit, sehingga disarankan untuk mencari literatur yang lebih luas dari buku atau sumber yang lain.

Ucapan terima kasih

Peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Yohanes Radiyono, M.Pd Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penelitian ini.
2. Bapak Ahmad Fauzi, M.Pd., Selaku Dosen yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Budianto, Anwar. 2008. Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair Dengan Menggunakan Regresi Linier Hukum Stokes. *Seminar Nasional IV*, Diperoleh 20 Mei 2017, dari <http://jurnal.stnbatan.ac.id/wpontent/uploads/2008/12/12-anwar157-166.pdf>.
- Gemilang, Wiraswasta. 2015. *Evalube Solusi Irit Bensin*. Diperoleh 11 Agustus 2017, dari <http://www.evalube.com/id/product/otomotif/4tak/evalube-4t-runner-sae-40>.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid I* (Diterjemahkan oleh Yuhilza Hanum). Jakarta: Erlangga.
- Hantoro, B. B. & Suharno. 2014. Menyelidiki Hubungan Kecepatan Terminal Dan Viskositas Zat Cair dengan Video Analisis Tracker. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*, hlm. 35-37, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Lumbantobing, dkk. 2012. *Pemanfaatan Kamera Digital dalam Menentukan Nilai Viskositas Cairan*. Laporan Penelitian Tidak Dipublikasikan. SMA Unggul Del, Toba Samosir. Diperoleh 7 Oktober 2016, dari https://www.academia.edu/11345233/JURNAL_PENELITIAN_FISIKA_TENTANG_VISKOSITAS_I_Repaired.
- Lumbantoruan, P. & Yulianti, E. 2016. Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli). *Sainmatika*, 13 (2), 26-34. Diperoleh 23 Mei 2017, dari <http://eprints.undip.ac.id/33024/>.
- Nurhadiyanto, D. & Wibowo, H., 2005. *Pengaruh Temperatur Kerja Minyak Pelumas Jenis SAE 10 W-40, SAE 20 W-50, dan SAE 40W*

terhadap Viskositas. Universitas Negeri Yogyakarta. Diperoleh 23 Mei 2017 dari <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132231618/penelitian/ABSTRAK+PENGARUH+TEMPERATUR+KERJA+MINYAK+PELUMAS+JENIS+SAE+10+W+2005.pdf>.

Sirisathitkul, C., dkk. 2013. Digital video Analysis of Objects in air and liquid using Tracker. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 35 (1), 1-6. Diperoleh 26 Juli 2016, dari <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n1/v35n1a20.pdf>.

Widayanti, L., dkk. 2011. *Penentuan Koefisien Viskositas Larutan Gula Menggunakan Metode Pipa Kapiler Hukum Poiseuille*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika Dan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.