

Analisis Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Suhu Pemanasan dengan Metode Koefisien Viskositas Falling Ball

Khaeratin Shoaliha¹, Bahtiar¹, Kurniawan Arizona¹

¹Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia.

E-mail: khaeratinshoaliha@gmail.com, E-mail: bahtiar79@uinmataram.ac.id

INFO ARTIKEL

Article History :

Received: 13-01-2020

Revised: 12-02-2020

Accepted: 12-02-2020

Keywords :

Cooking Oil, Viscosity, Temperature, Falling Ball.

How To Cite :

Shoaliha, Khaeratin., Bahtiar., Arizona, Kurniawan. (2020). Analisis Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Suhu Pemanasan dengan Metode Koefisien Viskositas Falling Ball. Indonesian Physical Review, 3(1), 15 - 23

DOI :

<https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.38>

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of temperature on oil viscosity or viscosity using the falling ball method. The approach in this study uses a quantitative approach to the type of laboratory experimental research. The population of this research is cooking oil, by taking three types of oil samples. The three types consisted of palm oil, coconut, and olive which were then observed for their effects on temperature using the fall ball method. Data were collected through laboratory experiments with measurements three times using the falling ball viscosity method. The data analysis technique used is regression analysis. Based on tests that have been done, it can be observed that palm oil before it is heated has a viscosity value of 0.885 Ns / m², when palm oil is heated to temperatures of 40°C, 60°C, 80°C, and 100°C the viscosity value changes to 0.854 Ns / m², 0.754 Ns / m², 0.828 Ns / m² and 0.616 Ns / m². Coconut oil before heating has a viscosity value of 0.828 Ns / m², when heated with the same temperature the viscosity value changes to 0.666 Ns / m², 0.588 Ns / m², 0.572 Ns / m², and 0.524 Ns / m². Olive oil before heating has a value of 0.919 Ns / m², when it is heated the value decreases to 0.869 Ns / m², 0.774 Ns / m², 0.746 Ns / m², and 0.680 Ns / m². Correlation value obtained based on data calculations is - 0.616 meaning that temperature and viscosity have a strong relationship, a negative sign indicates that the relationship is inversely proportional. It can be seen that there is an effect of viscosity value on cooking oil temperature.

Copyright © 2020IPR. All rights reserved.

Pendahuluan

Kesehatan adalah bagian terpenting dari hidup manusia untuk menjalankan kegiatan sehari-hari secara optimal. Sehat diartikan sebagai suatu kondisi dimana seseorang bebas dari gangguan penyakit, kondisi tersebut dapat berupa gangguan jiwa, fisik maupun mental. Pencapaian standar kesehatan perlu dilakukan suatu pembiasaan seperti menerapkan pola hidup sehat dalam kehidupan sehari-hari. Pola hidup sehat adalah pola hidup individu yang menjunjung tinggi bagian-bagian dari kesehatan misalnya pengelolaan kebersihan dan kesehatan lingkungan, menjaga kebugaran fisik dan psikis serta pemberian asupan nutrisi yang cukup, sehingga akan tercapai standar kesehatan yang baik bagi tubuh [1].

Tubuh manusia salah satunya tersusun dari lemak. Minyak goreng adalah suatu bentuk cairan dari lemak yang mengandung vitamin pelarut (A, D, E, dan K) dengan komposisi dan pembuatannya terdiri dari *trigliserida*, tanpa adanya perubahan kimiawi, termasuk *hidrogenasi*, pendinginan dan telah melalui proses *rafinasi* atau pemurnian [2]. Selain fungsinya untuk menggoreng, minyak goreng dapat digunakan sebagai penambahan nilai gizi termasuk vitamin A dan kalori. Minyak goreng yang beredar di masyarakat terbagi menjadi dua macam yaitu minyak curah dan minyak kemasan, umumnya minyak curah memiliki standar mutu yang rendah dibandingkan minyak kemasan.

Rendahnya kualitas minyak goreng ditandai dengan pecahnya *trigliserida* menjadi komponen *volatil* dan *non volatil* yang larut terhadap minyak karena adanya pemanasan yang lama [3]. Jika kualitas minyak goreng rendah maka akan menurunkan aroma dan cita rasa dari makanan tersebut. Menurut peraturan BPOM RI Nomor 1 Tahun 2015 tentang Kategori Pangan, menyebutkan bahwa karakteristik dasar minyak goreng yang bermutu memiliki kadar air tidak lebih dari 0,15%, kadar asam lemak bebas dihitung dengan asam palmitrat tidak lebih dari 0,3%, bilangan peroksida tidak lebih dari 10 mek O₂/kg, dan vitamin A tidak kurang dari 45 IU/g. Parameter lain yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas dari minyak goreng yaitu pengamatan tingkat koefisien viskositas. Viskositas adalah gesekan yang terjadi pada lapisan-lapisan yang bersebelahan di dalam fluida. Tumbukan antar molekul gas menyebabkan adanya viskositas pada gas sedangkan pada zat cair viskositas terjadi akibat adanya gaya kohesi antar molekul zat cair [4]. Suhu merupakan salah satu parameter yang dapat mempengaruhi viskositas. Semakin tinggi suhu maka koefisien viskositas akan rendah sedangkan semakin rendah suhu maka koefisien viskositas akan tinggi.

Apabila ditinjau dari segi viskositas, jenis minyak goreng yang belum dipanaskan maupun belum digunakan secara berulang biasanya memiliki nilai viskositas yang besar. Partikel di dalam minyak tersebut tersusun rapat sehingga gaya kohesinya sangat kuat. Ketika minyak goreng digunakan maka nilai viskositas dan massa jenisnya akan menurun akibat adanya kenaikan suhu [5]. Setelah terjadi perubahan suhu, minyak goreng akan memuai sehingga partikel yang awalnya tersusun rapat akan merenggang karena kohesi molekuler minyak goreng semakin berkurang.

Penurunan nilai viskositas minyak goreng selain disebabkan karena adanya perubahan suhu dapat juga diakibatkan oleh pemakaian berulang. Pemakaian tersebut akan berdampak bagi kesehatan tubuh apabila dikonsumsi secara terus menerus. Pemahaman dan kesadaran masyarakat tentang bahaya pemakaian minyak berulang kali masih sangat minim. Hasil kajian dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM RI) serta kajian oleh pakar kesehatan menyatakan bahwa pemakaian berulang minyak goreng akan berdampak pada gangguan kesehatan. Hasil kajian tersebut menjelaskan bahwa pemanasan minyak goreng yang berulang kali (lebih dari dua kali) dengan suhu tinggi yakni 160°C hingga 180°C akan menghasilkan hidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas yang mudah teroksidasi.

Terdapat banyak cara untuk mengukur viskositas dari sebuah fluida. Penelitian telah dilakukan menggunakan pipa kapilari namun dalam penelitiannya yang diuji hanya satu variabel fluida sehingga belum dapat memperkuat argumen cocok atau tidaknya pengukuran tersebut digunakan. [6] Penelitian telah dilakukan dengan menggunakan alat *Saybolt Viscometer*. Alat tersebut sering digunakan untuk menguji kekentalan oli dan harga alatnya relatif mahal

sehingga sulit didapatkan oleh masyarakat luas [7]. Penelitian lain telah dilakukan dengan menggunakan bola jatuh namun dalam penelitian tersebut hanya menggunakan satu jenis sampel minyak yaitu minyak goreng kelapa sawit dengan *merk* yang berbeda-beda [8].

Penelitian lain memiliki kesamaan yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya namun pengukuran tersebut hanya menguji kekentalan dari oli dan gliserin. [9] Penelitian berikutnya telah dilakukan dengan pengukuran bola jatuh namun pengembangan *prototype* hanya sebatas dalam penyusunan bahan ajar petunjuk praktikum fisika. [10] Berdasarkan penjelasan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan inovasi dengan menguji beberapa sampel jenis minyak goreng yang beredar di masyarakat. Kelebihan penelitian ini dibandingkan penelitian lain adalah uji minyak goreng menggunakan lebih dari satu jenis minyak dengan peningkatan suhu tertentu. Dengan demikian, peneliti mengangkat judul "Analisis Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Suhu Pemanasan dengan Metode Koefisien Viskositas *Falling Ball*".

Metode Eksperimen

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium. Penelitian eksperimen laboratorium dilakukan untuk menguji kualitas minyak goreng berdasarkan suhu pemanasan terhadap koefisien viskositas. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kuantitatif. Sampel yang diukur terdiri dari tiga jenis minyak dengan perlakuan suhu yang berbeda. Pengukuran viskositas ini diukur sebelum dan sesudah dipanaskan. Suhu yang digunakan ketika dipanaskan terdiri dari 40 °C, 60 °C, 80 °C, dan 100 °C. Suhu tersebut dibuat secara konstan untuk diperlakukan dari setiap sampel yang berbeda. Pengukuran tersebut dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu dan jenis minyak, sedangkan variabel terikatnya adalah koefisien viskositas. Variabel control adalah diameter bola, dan jarak atau ketinggian fluida.

Teknik pengumpulan data diawali dengan penyiapan sampel minyak goreng. Setelah dikumpulkan sampel minyak yang akan diteliti kemudian mengukur koefisien viskositas menggunakan teknik analisis *falling ball*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain bola, tabung viskos, pirometer atau *thermometer*, pemanas air atau *magnetic hot plate stirrer*, neraca digital, mistar, embatas karet atau benang, gelas beker, angka sorong, *stopwatch*. Sedangkan bahan uji yang digunakan terdiri dari tiga bahan uji yaitu minyak sawit, minyak kelapa, dan minyak zaitun

Langkah-langkah pengukuran koefisien viskositas pada tiap sampel uji dilakukan dengan mengukur tinggi fluida (sampel uji) dalam hal ini ketinggian fluida dibuat konstan yaitu 32.5 *cm*. menuangkan sampel uji ke dalam tabung viskos yang telah diberikan pembatas benang. menjatuhkan bola yang telah diketahui volumenya ke dalam tabung viskos lalu mengukur waktu bola ketika tiba pada pembatas benang. Dilakukan empat variasi suhu yaitu 40 °C, 60 °C, 80 °C, dan 100 °C. Kemudian menentukan nilai viskositas menggunakan persamaan

$$\mu = \frac{2gr^2}{9v} (\rho_b - \rho_f) \quad (1)$$

Dimana μ adalah koefisien viskositas minyak (Ns/m^2), g percepatan gravitasi (m/s^2), v kecepatan terminal (m/s^2), ρ_b massa jenis benda (kg/m^3) dan ρ_f massa jenis fluida (kg/m^3) [7]

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan sampel minyak terdiri dari minyak sawit kemasan, kelapa, dan minyak zaitun. Pengamatan minyak tersebut adalah untuk mengamati perbedaan nilai viskositas sebelum maupun sesudah dipanaskan. Viskositas adalah salah satu parameter yang penting karena dapat mempengaruhi kualitas atomisasi khususnya minyak yang digunakan untuk menggoreng [2]. Viskositas yang diukur menggunakan metode *falling ball*. Viskositas menggunakan metode ini didasarkan pada aliran yang stabil oleh adanya laju geser yang terjadi pada fluida, jadi bola dijatuhkan secara jatuh bebas dari permukaan fluida.[2]. Prinsip dari metode ini adalah mengukur kecepatan bola ketika tiba pada posisi yang telah ditentukan. Posisi yang dimaksud adalah ketinggian dari fluida yang hendak diukur. Kecepatan bola yang dimaksud adalah kecepatan terminal dimana gaya seret dari bola ketika dijatuhkan seimbang oleh adanya gaya gravitasi. [2] Penerapan metode ini hanya terbatas untuk fluida yang sangat kental (Newtonian) seperti pada minyak goreng, karena metode ini lebih teliti apabila dibandingkan dengan metode lain seperti Ostwald dan sebagainya [2].

Terhambatnya bola untuk mengalir karena adanya kerapatan jenis dari fluida, kerapatan jenis sangat sensitif terhadap suhu[2]. Hal tersebut dibuktikan oleh tabel kerapatan jenis atau massa jenis dengan perlakuan suhu yang berbeda pada tabel 1

Tabel 1. Massa jenis ketiga minyak dengan perlakuan berbeda

No	Jenis Minyak Goreng	Suhu	Massa Jenis Minyak (kg/m^3)
1	Minyak sawit kemasan	29.5°C	858
		40°C	857
		60°C	856
		80°C	854
		100°C	851
2	Minyak kelapa	29.5°C	880
		40°C	880
		60°C	879
		80°C	878
		100°C	876
3	Minyak zaitun	29.5°C	879
		40°C	877
		60°C	875
		80°C	874
		100°C	871

Nilai massa jenis pada tabel 2 di atas digunakan untuk menghitung nilai koefisien viskositas dengan persamaan 1. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali namun pada tabel berikut

ditampilkan nilai rata-rata banyaknya percobaan. Berikut nilai viskositas dari perlakuan suhu tersebut.

Tabel 2. Nilai viskositas dari ketiga sampel minyak

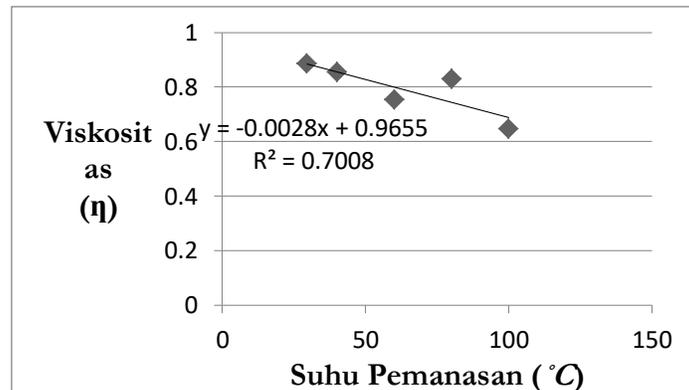
Jenis Minyak	Viskositas ($\mu = \text{Ns/m}^2$)				
	T ₁ = 29.5° C	T ₂ = 40°C	T ₃ = 60°C	T ₄ = 80°C	T ₅ = 100°C
Minyak sawit kemasan	0.885	0.854	0.75 4	0.82 8	0.646
Minyak kelapa	0.828	0.666	0.58 8	0.57 2	0.524
Minyak zaitun	0.919	0.869	0.77 4	0.74 6	0.680

Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu maka semakin rendah nilai viskositas minyak tersebut. [1] Peningkatan suhu cenderung meningkatkan pertukaran molekul dan mengurangi gaya tarik menarik antara molekul sehingga kekentalan akan berkurang. [2] Berikut disajikan tabel dan grafik regresi dari masing-masing sampel minyak.

Tabel 3. Regresi dari Viskositas Minyak Sawit

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.834 ^a	.695	.594	1.00799

Tabel 3 menjelaskan bahwa nilai regresi R dari minyak sawit terhadap *variable dependent* (Y) dan *independent* (X) sebesar 0.834. Artinya hubungan viskositas terhadap suhu dikategorikan memiliki hubungan yang kuat. Nilai R square (R^2) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah 0.695, dan secara persentase menyatakan bahwa pengaruh suhu terhadap viskositas dari minyak sawit sebesar 70%.



Gambar 1. Grafik Regresi Viskositas Minyak Kelapa terhadap Suhu

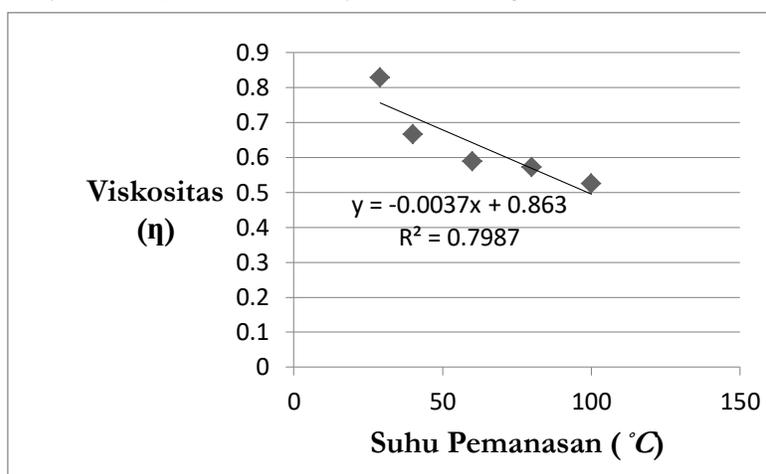
Sedangkan untuk minyak kelapa nilai regresinya dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Regresi dari Viskositas Minyak Kelapa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.932 ^a	.869	.825	.66073

Nilai regresi R dari minyak kelapa terhadap *variable dependent* (Y) dan *independent* (X) sebesar 0.932. Artinya hubungan viskositas terhadap suhu dikategorikan memiliki hubungan yang sangat kuat (sempurna). Nilai R square (R^2) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah 0.869, dan secara persentase menyatakan bahwa pengaruh suhu terhadap viskositas dari minyak kelapa sebesar 87%.

Grafik regresi dari minyak kelapa dapat ditunjukkan oleh gambar berikut:

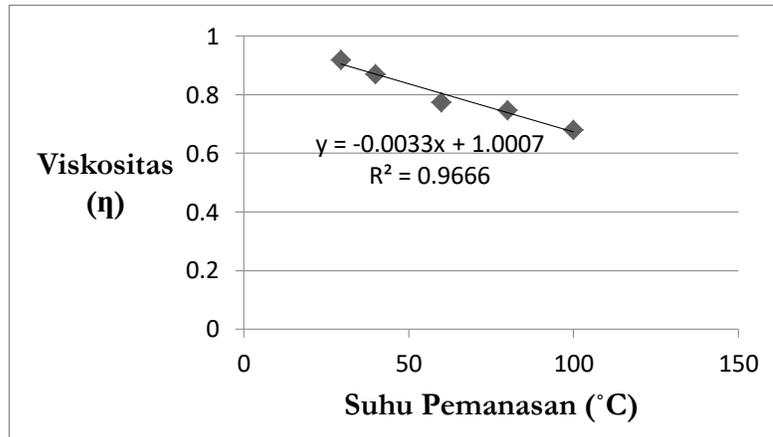


Gambar 2. Grafik Regresi Viskositas Minyak Kelapa terhadap Suhu

Sedangkan untuk nilai regresi R dari minyak zaitun terhadap *variable dependent* (Y) dan *independent* (X) sebesar 0.875. Artinya hubungan viskositas terhadap suhu dikategorikan memiliki hubungan yang sangat kuat (sempurna). Nilai R square (R^2) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah 0.765, dan secara persentase menyatakan bahwa pengaruh suhu terhadap viskositas dari minyak kelapa sebesar 76%. Nilai regresi tersebut ditunjukkan oleh tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 5. Regresi dari Viskositas Minyak Zaitun

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.990 ^a	.979	.972	.26295



Gambar 3. Grafik Regresi Viskositas dari Minyak Zaitun terhadap Suhu

Tingkat keeratan antara viskositas dan suhu dari ketiga sampel tersebut dapat ditentukan dengan koefisien korelasi (r) yang ditunjukkan oleh tabel berikut ini.

Tabel 6. Nilai korelasi (r) dari ketiga sampel minyak

Variabel	Uji	Suhu	Viskositas
Suhu (X)	Pearson	1	-.616**
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	45	45
Visko- sitas (Y)	Pearson	-	1
	Correlation	.616**	
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai korelasi r dari pengujian ketiga sampel tersebut adalah 0.000 yang artinya lebih kecil dari 0.05. Sehingga, secara interpretasi terdapat hubungan atau korelasi antara suhu dan viskositas. Jenis hubungan antara suhu dan viskositas dinyatakan oleh nilai negatif, yang artinya hubungan kedua variabel tersebut berbanding terbalik. Derajat hubungan atau *pearson correlation* dari variabel tersebut adalah -0.616. Derajat tersebut menjelaskan bahwa hubungan antara viskositas dan suhu memiliki kategori yang kuat. Secara signifikansi yang telah dianalisis menyatakan bahwa H_0 ditolak (dibuktikan dengan nilai signifikansi dari ketiga sampel minyak adalah $0.000 > 0.05$), sehingga secara interpretasi bahwa suhu berpengaruh terhadap nilai viskositas dari ketiga minyak tersebut. Hal ini sesuai dengan teori bahwa terdapat hubungan antara viskositas dan suhu [2,22]. Grafik dari masing-masing sampel minyak menunjukkan penurunan secara linear artinya suhu tidak dapat diabaikan terhadap viskositas. [9] Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat bahwa penggunaan minyak berkali-kali sangat berbahaya bagi kesehatan tubuh karena dapat menyebabkan efek toksik yang berbahaya apabila dikonsumsi. [16] Sehingga dengan adanya informasi ini masyarakat mampu meminimalisir penggunaan minyak secara berulang.

Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisis data yang telah diuraikan pada pembahasan, maka terbukti bahwa terdapat pengaruh koefisien viskositas terhadap suhu. Nilai korelasi r dari hasil pengujian dan perhitungan yang diperoleh sebesar -0.616. Artinya terdapat hubungan yang kuat antara suhu dan viskositas, hubungan tersebut berbanding terbalik. Viskositas sangat sensitif terhadap suhu, artinya semakin tinggi suhu pemanasan minyak maka semakin rendah nilai viskositasnya, sebaliknya semakin rendah suhu pemanasan minyak maka semakin tinggi nilai viskositasnya.

Daftar Pustaka

- [1] Abdi Hasibuan, H. (2012). Kajian Mutu dan Karakteristik Minyak Sawit Indonesia serta Produk Fraksinasinya. *Standarisasi*, 14(1), 13-21.
- [2] Adnan, S., Malik, M. A., Ali, M., & Mufti, R. A. (2011). Tribology International Low Viscosity Shear Heating in Piston Skirts EHL in the Low Initial Engine Start Up Speeds. *Tribology International*, 44(10), 1134-1143. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.04.018>
- [3] Alwi, W., Ernawati., & Husain, S. (2018). Analisis Regresi Logistik Biner untuk Memprediksi Kepuasan Pengunjung pada Rumah Sakit Umum Daerah Majene. *MSA*, 6(1), 20-26.
- [4] Ardiansyah, D. (2017). Perancangan dan Penerapan Sensor Kumparan untuk Percobaan Viskositas dengan Metode Bola Jatuh. *IFI*, 06(01), 5-9.
- [5] Calvignac, B., Rodier, É., Letourneau, J., Vitoux, P., Aymonier, C., Fages, J., ... Aymonier, C. (2017). Development of an Improved Falling Ball Viscometer for High-Pressure Measurements with Supercritical CO₂. *HAL*, 55(1).
- [6] Damayanti, Y., Lesmono, A. D., & Prihandono, T. (2018). Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika. *Pembelajaran Fisika*, 7(3), 307-314.
- [7] District, N. (2008). Measurement of Rheologic Property of Blood by a Falling-Ball Blood Viscometer. *Annals of Biomedical Engineering*, 36(4), 545-553. <https://doi.org/10.1007/s10439-008-9454-7>
- [8] Esteban, B., Riba, J., Baquero, G., Rius, A., & Puig, R. (2012). Temperature Dependence of Density and Viscosity of Vegetable Oils. *Biomass and Bioenergy*, 42, 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.007>
- [9] Holmes, M. J., Parker, N. G., & Povey, M. J. (2011). Temperature Dependence of Bulk Viscosity in Water using Acoustic Spectroscopy. *Journal of Physics*, 012011(269), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/269/1/012011>
- [10] Houari, A. (2011). Determining the Viscosity of Liquids Using an Extended Falling Ball Method. *IOP SCIENCE*, 46(6), 688-691.
- [11] Indria Putri, R., Budiyanto., & Syafnil. (2016). Kajian Kualitas Minyak Goreng pada Penggorengan Berulang Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*). *Agroindustri*, 6(1), 1-7.

- [12] Lugas, J., Susanti, E., & Kholisoh, N. (2018). KONSTRUKSI MAKNA KUALITAS HIDUP SEHAT (Studi Fenomenologi pada Anggota Komunitas Herbalife Klub Sehat Ersanddi Jakarta). *Jurnal Lugas*, 2(1), 1-12.
- [13] Lumbantoruan, P., & Yulianti, E. (2016). Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli). *Sainmatika*, 13(2), 26-34.
- [14] Makinde, O. D. (2011). Second Law Analysis for Variable Viscosity Hydromagnetic Boundary Layer Flow with Thermal Radiation and Newtonian Heating. *Entropy*, 1446-1464. <https://doi.org/10.3390/e13081446>
- [15] Murdaka, B., Jati, E., & Rizkiana, P. (2015). Studi Penentuan Viskositas Darah Ayam dengan Metode Aliran Fluida di Dalam Pipa Kapiler Berbasis Hukum Poisson. *Fisika Indonesia*, 19(57), 43-47.
- [16] Nainggolan, B., & Susanti, N. (2016). Uji Kelayakan Minyak Goreng Curah dan Kemasan yang Digunakan Menggoreng Secara Berulang. *Pendidikan Kimia*, 8(1), 45-57.
- [17] Ramírez-verduzco, L. F., Rodríguez-rodríguez, J. E., & Jaramillo-jacob, A. R. (2012). Predicting Cetane Number , Kinematic Viscosity , Density and Higher Heating Value of Biodiesel from its Fatty Acid Methyl Ester Composition. *Fuel*, 91, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.06.070>
- [18] Schaschke, C. J. (2010). High Pressure Viscosity Measurement with Falling Body Type Viscometers. *IRECHE*, 2(5), 564-576.
- [19] Toghraie, D., Afrand, M., & Mohammadbagher Alempour, S. (2016). Author ' s Accepted Manuscript and Cooling Systems Experimental Determination of Viscosity of Water Based Magnetite Nanofluid for Application in Heating and Cooling Systems. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2016.05.092>
- [20] Toscano, G., Riva, G., Pedretti, E. F., & Duca, D. (2012). Vegetable Oil and Fat Viscosity Forecast Models Based on Iodine Number and Saponification Number. *Biomass and Bioenergy*, 46, 511-516. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.07.009>
- [20] Yusibani, E., Al Hazmi, N., & Yufita, E. (2017). Pengukuran Viskositas Beberapa Produk Minyak Goreng Kelapa Sawit setelah Pemanasan. *Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 09(01), 29-32.