



## Analisis Perubahan Sifat-sifat Fisis (Viskositas, Kerapatan, Tegangan Permukaan dan Koefisien Laju Penurunan Suhu) Minyak Kelapa (*Coconut Oil*) dengan Beberapa Kali Pemanasan

Khusnul Khotimah<sup>1</sup>, Asmaidi<sup>3</sup>, Adrianus Inu Natalisanto<sup>1,2</sup>, Supriyanto<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Lab Fisika Teori dan Material, Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

<sup>3</sup>Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No.4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur 75123 Indonesia

\*) E-mail korespondensi: [geo\\_unmul08@yahoo.com](mailto:geo_unmul08@yahoo.com)

---

### Abstract

*The purpose of this study was to ascertain the impact of repeated heating of coconut oil on the value of viscosity, density, surface tension, and the coefficient of temperature reduction rate (Newton cooling constant). The coconut oil sample used was the result of my own production. The heating repetition was carried out at most five times with a peak temperature of 90°C. The physics quantities were determined by the falling ball method, the mass and volume measuring method, the method of risen fluid in a capillary tube, and the Newton cooling method, respectively. From this study, it was found that there were effects of repeated heating of coconut oil on the values of viscosity, mass density, surface tension, and the Newton cooling constant. Those effects were indicated by the presence of functional relationships among the repeated heating with the values of the four physical quantities, which were a quadratic function related to viscosity, a linear function related to mass density, a quadratic function related to surface tension, and a quartic function related to the Newton cooling constant. The four functional relationships were empirical equations that stated the laws of nature in a certain heating range and could be used as material for further studies to reveal the physical mechanisms that built them, including determining the general equations that united them.*

**Kata Kunci:** *Density, Coconut Oil, Surface Tension, Viscosity, Newton Cooling Constant.*

---

### PENDAHULUAN

Minyak goreng adalah salah satu bahan utama untuk memasak makanan. Ada beberapa jenis minyak goreng, salah satunya ialah minyak kelapa. Minyak kelapa atau *coconut oil* merupakan minyak yang memiliki banyak manfaat, yakni selain digunakan untuk menggoreng makanan, minyak kelapa juga dapat dimanfaatkan untuk menyembuhkan sejumlah penyakit [1]. Meskipun saat ini ketersediaan minyak kelapa sangat jarang akibat peralihan masyarakat ke minyak sawit, masyarakat pedesaan masih menggunakan minyak kelapa untuk menggoreng serta memercayainya dapat membantu kelancaran persalinan [2] dan penyembuhan [1].

Minyak kelapa sawit banyak digunakan oleh masyarakat dikarenakan harga minyak kelapa sawit lebih terjangkau. Jika ditinjau dari nilai gizi, adanya kandungan karoten dan tokoferol dalam minyak kelapa sawit dapat menyebabkan minyak kelapa sawit tidak mudah tengik, seperti yang terjadi pada minyak kelapa [3]. Sementara itu, bila ditinjau dari segi kesehatan, daripada minyak kelapa sawit, minyak kelapa lebih mudah diserap usus dan memberikan keuntungan gizi klinis bagi individu yang tidak dapat menyerap asam lemak rantai panjang [1].

Awal tahun 2022 ini terjadi pelonjakan harga minyak goreng dari sawit. Hal itu telah mendorong sebagian masyarakat di daerah kembali menggunakan minyak goreng dari pengolahan daging buah kelapa, meskipun diketahui bahwa minyak kelapa kurang aman dibandingkan minyak sawit akibat kandungan lemak jenuh (*saturated fats*) yang tinggi [3]. Lemak jenuh tersebut diduga merupakan penyebab timbulnya penyakit jantung koroner, kolestrol, dan kegemukan [3].

Salah satu upaya menyikapi harga mahal dan kelangkaan minyak goreng tersebut adalah dengan menggunakan minyak goreng yang sama secara berulang kali. Padahal diketahui bahwa pemanasan minyak goreng yang sama secara berulang akan menyebabkan penurunan mutu minyak goreng tersebut. Penurunan mutu atau kualitas minyak goreng itu diketahui berhubungan dengan perubahan sifat fisika dan kimia minyak goreng, seperti tampak pada perubahan warna, aroma, rasa, dan nutrisi [4]. Dari tinjauan besaran fisika, perubahan tersebut berhubungan dengan perubahan viskositas [5], kerapatan (rapat massa) [6], tegangan permukaan [7], serta koefisien laju penurunan suhu (tetapan Newton *cooling*) [8].

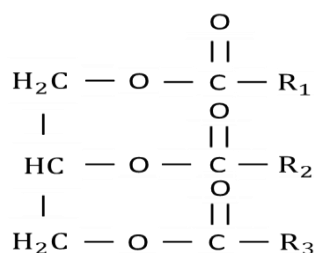
Penelitian ini hanya meninjau sifat-sifat fisika dari minyak goreng karena hendak menemukan hubungan fisika antara pengulangan pemanasan dengan besaran-besaran fisika tersebut. Karena itu tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh ulangan pemanasan minyak kelapa (*coconut oil*) terhadap viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien laju penurunan suhu minyak kelapa tersebut. Untuk mencapai tujuan itu, metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Dari data eksperimen yang diolah dan diplot dalam bidang pencar akan dapat ditemukan pola dan irama atau suatu hukum alam dalam bentuk pernyataan matematis tertentu, misalkan persamaan garis lurus, persamaan kuadrat, persamaan kubik, persamaan kuartik, atau anggota persamaan polinomial yang lain.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Kelapa dan Minyak Goreng

Kelapa (*Cocos Nucifera L.*) termasuk famili *Palmae* dari Genus *Cocos*. Di Indonesia terdapat dua varietas kelapa yang karakteristiknya sangat berbeda, yaitu varietas genjah dan varietas dalam. Akan tetapi, sekarang telah dikembangkan varietas hibrida yang merupakan hasil persilangan antara varietas kelapa dalam dan varietas kelapa genjah. Umumnya dalam pengembangan penanaman kelapa, para petani sudah menanam jenis kelapa hibrida.

Dari segi komposisinya, buah kelapa yang berbentuk bulat itu terdiri dari 35% sabut kelapa (eksokarp dan mesokarp), 12% tempurung kelapa (endokarp), 28% daging buah (endosperm) dan 25% air. Sabut kelapa tersebut berketebalan kurang lebih 5 cm dan daging buah kelapa berketebalan 1 cm atau lebih [9].



**Gambar 1.** Rumus senyawa minyak goreng

Minyak kelapa, yaitu minyak goreng yang diolah dari daging buah kelapa, merupakan bahan pangan dengan komposisi utama trigliserida dengan rumus kimia diperlihatkan dalam Gambar 1 [10]. Bila minyak kelapa dididihkan hingga suhu 80-90°C, seperti pada minyak goreng pada umumnya, minyak kelapa tersebut akan mengalami penurunan kualitas yang ditandai dengan terdapatnya kerusakan pada warna, aroma, rasa, dan nutrisi. Penurunan kualitas itu juga terjadi bila penggunaannya secara berulang. Minyak goreng yang digunakan secara berulang akan mengalami berbagai reaksi kimia, yaitu: reaksi hidrolisis, oksidasi, isomerisasi dan polimerisasi yang dapat mempengaruhi kualitas minyak goreng tersebut [4].

### Viskositas

Viskositas  $\eta$  didefinisikan sebagai ukuran kemampuan cairan menahan deformasi akibat adanya gaya geser atau gaya tarik. Karena itu, semakin kental cairan maka semakin besar gaya yang diperlukan untuk menggesernya. Nilai viskositas memenuhi persamaan [11]:

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{d^2(\rho_b - \rho_f)}{v_s} \tag{1}$$

dengan  $d$  merupakan diameter bola (m),  $\rho_b$  merupakan kerapatan (rapat massa) bola ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\rho_f$  merupakan kerapatan (rapat massa) fluida ( $\text{kg/m}^3$ ), dan  $v_s$  merupakan kecepatan bola jatuh ke dalam fluida (m/s).

### Kerapatan

Kerapatan (rapat massa) didefinisikan sebagai sifat karakteristik suatu bahan yang dipengaruhi oleh massa dan ukuran bahan tersebut. Nilai kerapatan memenuhi persamaan [12]:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2}$$

dengan  $m$  merupakan massa fluida (kg) dan  $V$  merupakan volume fluida ( $\text{m}^3$ ).

### Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan zat cair didefinisikan sebagai kecenderungan permukaan zat cair untuk menegang, sehingga permukaannya seperti ditutupi oleh sebuah lapisan elastis. Selain itu, tegangan permukaan juga diartikan sebagai suatu kemampuan zat cair untuk menuju ke keadaan yang luas permukaannya lebih kecil seperti permukaan datar atau bulat [13]. Nilai tegangan permukaan memenuhi persamaan:

$$\sigma = \frac{hg\rho_l r_l}{2\cos\theta} \tag{3}$$

dengan  $h$  merupakan tinggi fluida dalam pipa kapiler (m),  $g$  merupakan percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ),  $\rho_l$  merupakan kerapatan (rapat massa) fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\theta$  merupakan sudut kontak yang terbentuk antara fluida dan dinding pipa kapiler ( $^\circ$ ).

### **Tetapan Newton *cooling***

Koefisien laju penurunan suhu atau tetapan Newton *cooling* didefinisikan sebagai tetapan kesebandingan yang menyetarakan antara laju perubahan suhu benda dan perbedaan suhu zat tersebut dengan suhu lingkungannya [14]. Hubungan kesebandingan tersebut yang dikenal sebagai Hukum pendinginan Newton atau Newton *cooling* memenuhi persamaan:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_s) \quad (4)$$

dengan  $\frac{dT}{dt}$  merupakan laju perubahan temperatur zat,  $k$  merupakan konstanta pendinginan Newton ( $s^{-1}$ ),  $T$  merupakan temperatur zat ( $^{\circ}C$ ) dan  $T_s$  merupakan temperatur lingkungan ( $^{\circ}C$ ).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan menggunakan minyak goreng dari minyak kelapa yang diolah sendiri. Langkah pembuatan minyak kelapa yaitu kelapa yang sudah tua diparut dan diperas menggunakan air bersih hingga menghasilkan santan. Santan tersebut kemudian dimasak hingga menghasilkan minyak kelapa.

Penelitian dilakukan dengan pemanasan minyak kelapa (*Coconut Oil*) berkali-kali dan ditentukan perubahan nilai viskositas, kerapatan, tegangan permukaan dan koefisien laju penurunan suhunya (tetapan Newton *cooling*). Penentuan nilai viskositas menggunakan metode bola jatuh [11], penentuan nilai kerapatan menggunakan metode pengukuran massa dan volume [12], penentuan tegangan permukaan menggunakan metode kenaikan cairan dalam pipa kapiler [13], dan penentuan koefisien laju penurunan suhu menggunakan metode Newton *cooling* [14].

Pemanasan minyak dilakukan hingga mencapai suhu sebesar  $90^{\circ}C$  dengan cara memanaskan panci yang berisi minyak dan suhu minyak itu diukur menggunakan termometer yang digantung dan tercelup ke dalam minyak tersebut. Kemudian dilakukan pembiaran, yakni oven dimatikan, hingga minyak yang telah dipanaskan itu menurun suhunya menuju suhu ruangan. Selama proses itu berlangsung, dilakukan pencatatan waktu untuk setiap penurunan suhu sebesar  $10^{\circ}C$ .

Data hasil eksperimen ulangan pemanasan dan nilai-nilai setiap besaran fisis tersebut, yang diperlihatkan dalam Tabel 1, kemudian diplot/dirajah dalam diagram pencah lalu ditarik kurva yang sesuai. Persamaan kurva yang diperoleh akan menggambarkan pengaruh pemanasan minyak kelapa (*Coconut Oil*) terhadap viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien laju penurunan suhu. Dalam penelitian ini ulangan pemanasan disimbolkan dengan  $n$ , sedangkan viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien Newton *cooling*, berturut-turut disimbolkan dengan  $\eta$ ,  $\rho$ ,  $\sigma$ , dan  $k$ .

Hipotesis yang diajukan ialah bila ulangan pemanasan berpengaruh pada kerapatan, viskositas, tegangan permukaan, atau tetapan Newton *cooling*, maka pemplotan titik-titik data ulangan pemanasan versus tiap besaran fisis itu pada bidang pencah akan memperlihatkan pola dan irama (hukum alam) yang sesuai persamaan kurva tertentu Pencarian persamaan kurva yang melewati titik-titik data eksperimen tersebut dikenal sebagai teknik tebakan terdidik (teknik Feynman) [15].

Selanjutnya, dengan mempertimbangkan adanya nilai ambang batas (NAB) tiap besaran fisis tersebut, maka persamaan kurva yang diduga dapat dipakai untuk menggambarkan perubahan nilai besaran fisis tersebut akibat ulangan pemanasan ialah persamaan eksponensial. Bila persamaan eksponensial itu didekati dengan deret Maclaurin, maka akan diperoleh persamaan polinomial [16]. Dalam kasus tertentu, atau daerah terbatas, biasanya cukup salah satu dari empat bentuk sederhananya sudah dapat mewakili pola dan irama hubungan ulangan

pemanasan dengan nilai besaran-besaran fisis tersebut, yaitu persamaan garis lurus, persamaan kuadratik, persamaan kubik, atau persamaan kuartik. Dalam eksperimen akan ditentukan persamaan yang paling sesuai.

Dalam penelitian ini untuk pemilihan persamaan kurva yang paling sesuai atau yang melalui seluruh titik data yang dirajah dalam diagram pencar dipakai dua kriteria pemilihan, yaitu nilai koefisien korelasi (R) yang paling mendekati 1 (satu) [17] dan persamaan yang paling sederhana (yang sukunya tersedikit) (prinsip pisau Ockham atau prinsip kehematan [18]. Nilai koefisien korelasi tersebut ditentukan dengan prinsip regresi [17] dan dikerjakan dengan bantuan perangkat lunak pengolah data, Excel.

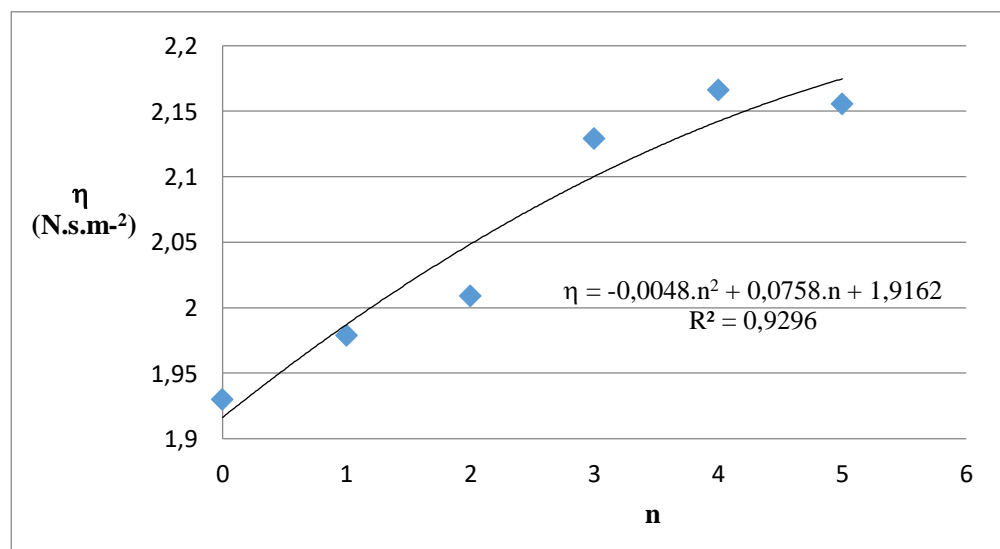
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengukuran viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien laju penurunan suhu terhadap ulangan pemanasan diperlihatkan dalam tabel 1.

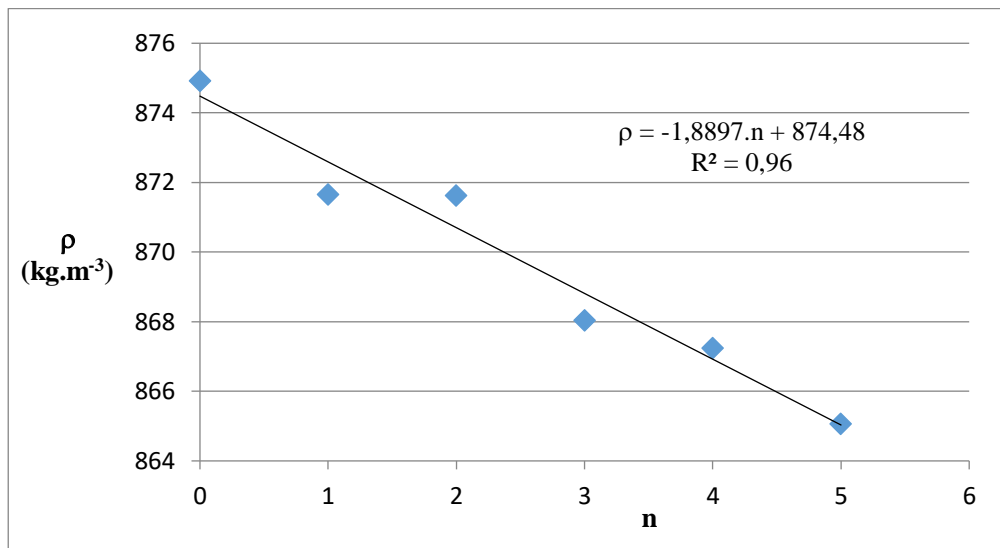
**Tabel 1.** Hasil Pengukuran sifat fisis minyak kelapa (*coconut oil*)

Pemanasan ke-	Viskositas (Ns/m <sup>2</sup> )	Kerapatan (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan Permukaan (N/m)	Koefisien Newton Cooling (s <sup>-1</sup> )
Sebelum pemanasan	1,930	874,92	0,875	0
1	1,979	871,66	0,937	0,0003
2	2,009	871,62	0,959	0,0004
3	2,129	868,04	0,955	0,0004
4	2,166	867,24	0,976	0,0004
5	2,156	865,06	0,973	0,0004

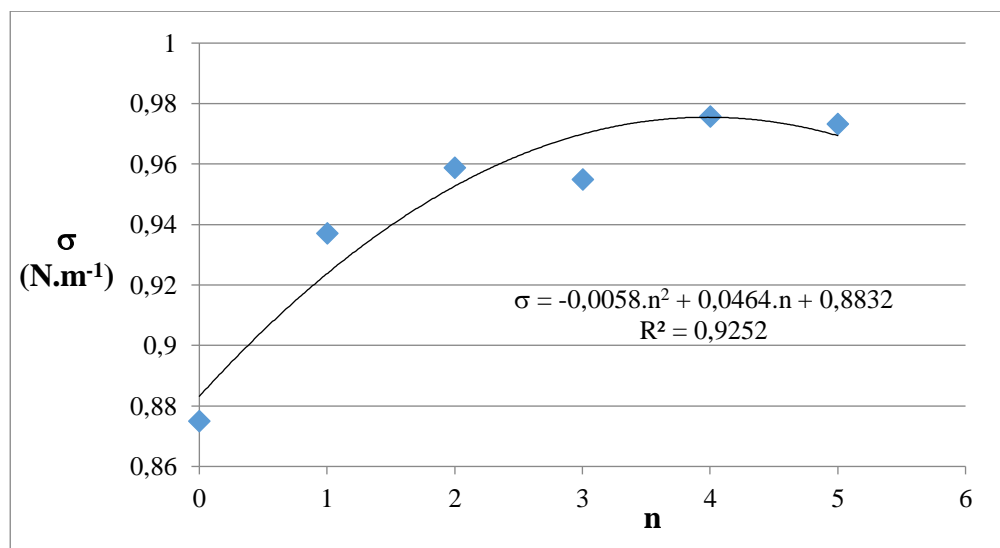
Berdasarkan Tabel 1 diperoleh grafik hubungan antara viskositas, kerapatan, tegangan permukaan dan koefisien laju penurunan suhu terhadap ulangan pemanasan yang diperlihatkan pada Gambar 1-4.



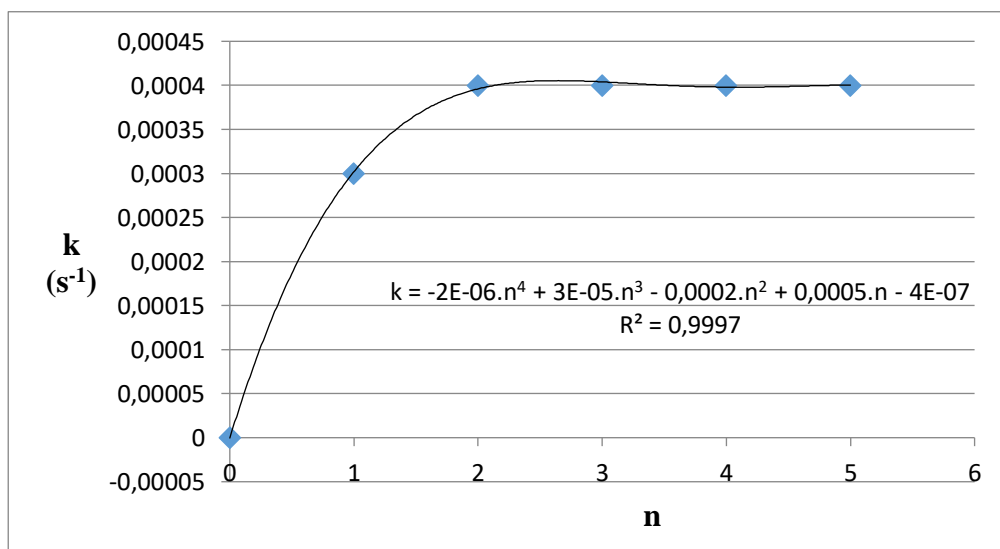
**Gambar 1.** Grafik Ulangan Pemanasan (n) terhadap Viskositas (η).



**Gambar 2.** Grafik Ulangan Pemanasan (n) terhadap Kerapatan (ρ).



**Gambar 3.** Grafik Ulangan Pemanasan (n) terhadap Tegangan Permukaan (σ).



**Gambar 4.** Grafik Ulangan Pemanasan (n) terhadap Koefisien Laju Penurunan (k).

Ulangan pemanasan bila mengubah sifat fisis minyak kelapa tentu akan mempengaruhi nilai viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien laju penurunan suhu minyak kelapa tersebut, sesuai hipotesis yang telah diajukan dalam bagian Metode Penelitian. Berikut ini akan ditinjau keabsahan bentuk-bentuk kurva yang diperoleh dari pemplotan data hasil eksperimen, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1 sampai Gambar 4, berdasarkan persamaan-persamaan yang dijelaskan dalam bagian Tinjauan Pustaka dan dua kriteria pemilihan kurva seperti yang disebutkan dalam bagian Metode Penelitian.

Dari persamaan (1) diperoleh bahwa viskositas berbanding terbalik dengan laju bola yang jatuh dalam fluida. Dari eksperimen yang hasilnya diperlihatkan dalam Gambar 1 dapat diamati adanya kenaikan viskositas minyak kelapa akibat ulangan pemanasan. Kenaikan viskositas tersebut berhubungan dengan peningkatan gaya hambat minyak tersebut atas bola yang ditandai dengan peningkatan kekentalan minyak kelapa tersebut. Karena itu, ditinjau dari persamaan (1) ulangan pemanasan telah mengubah nilai viskositas dari minyak kelapa tersebut.

Selanjutnya pada pencocokan kurva, diperoleh bahwa kurva yang melalui seluruh titik data eksperimen yang dilakukan ialah persamaan kuadrat seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1. Pemilihan kurva tersebut, yang mempertimbangkan kriteria pertama, yaitu dipilih nilai koefisien korelasi mendekati 1 (satu), memberikan nilai koefisien korelasi sebesar 0,964. Adapun pemilihan kedua, yang mempertimbangkan kriteria kedua, yaitu dipilih persamaan dengan suku tersekit, memberikan persamaan dengan tiga suku pertama polinomial atau persamaan kuadrat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hubungan ulangan pemanasan dengan viskositas dapat diterima berbentuk persamaan kuadrat.

Dari persamaan (2) diperoleh bahwa kerapatan atau rapat massa zat berbanding lurus dengan massa zat tersebut dan berbanding terbalik terhadap volumenya. Karena minyak kelapa dipanaskan dalam suatu sistem tertutup, maka massanya kekal sehingga pemanasan berulang tentu tidak akan mengubah massanya. Dari eksperimen yang hasilnya diperlihatkan dalam Gambar 2, dapat diamati adanya penurunan nilai kerapatan minyak akibat ulangan pemanasan. Karena itu, ditinjau dari persamaan (2), ulangan pemanasan tersebut telah mengubah volume minyak kelapa tersebut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ulangan pemanasan dapat diterima berpengaruh pada nilai kerapatan minyak kelapa.

Selanjutnya, dari pencocokan kurva diperoleh bahwa kurva yang melalui seluruh titik data eksperimen yang dilakukan ialah persamaan linear seperti diperlihatkan dalam Gambar 2. Pemilihan tersebut, yang mempertimbangkan kriteria pertama, yaitu dipilih koefisien korelasi mendekati 1 (satu), memberikan nilai koefisien korelasi sebesar 0,979. Adapun pemilihan yang mempertimbangkan kriteria kedua, yaitu dipilih persamaan dengan suku tersekit, memberikan persamaan dengan dua suku pertama polinomial atau persamaan linear. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hubungan ulangan pemanasan dengan kerapatan minyak kelapa dapat diterima berbentuk persamaan linear.

Dari persamaan (3) diperoleh bahwa tegangan permukaan minyak kelapa berbanding terbalik dengan cosinus sudut antara permukaan minyak dengan dinding tabung pipa kapiler. Dari eksperimen yang hasilnya diperlihatkan dalam Gambar 3 dapat diamati adanya kenaikan nilai tegangan permukaan untuk ulangan pemanasan dan hal ini dalam eksperimen ditandai dengan teramatinya kenaikan sudut kontak antara permukaan minyak kelapa dengan dinding pipa kapiler eksperimen. Karena itu, dapat disimpulkan bahwa ulangan pemanasan telah mengubah nilai tegangan permukaan dari minyak kelapa tersebut.

Selanjutnya pada pencocokan kurva, diperoleh bahwa kurva yang melalui seluruh titik data eksperimen yang dilakukan ialah persamaan kuadrat seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3. Pemilihan kurva tersebut, yang mempertimbangkan kriteria pertama, yaitu dipilih nilai koefisien korelasi mendekati 1 (satu), memberikan nilai koefisien korelasi sebesar 0,961. Adapun pemilihan yang mempertimbangkan kriteria kedua, yaitu dipilih persamaan dengan suku

tersedikit, memberikan persamaan dengan tiga suku pertama polinomial atau persamaan kuadrat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hubungan ulangan pemanasan dengan tegangan permukaan minyak kelapa dapat diterima berbentuk persamaan kuadrat.

Dari persamaan (4) diperoleh bahwa persentase laju penurunan suhu suatu zat berbanding lurus dengan tetapan Newton cooling-nya. Dari eksperimen yang hasilnya penelitian yang diperlihatkan dalam Gambar 4 dapat diamati adanya peningkatan tetapan Newton cooling beriringan dengan peningkatan ulangan pemanasan hingga batas pengulangan pemanasan tertentu. Karena itu, dapat disimpulkan bahwa ulangan pemanasan telah mengubah tetapan Newton cooling atau nilai koefisien laju penurunan suhu dari minyak kelapa tersebut.

Selanjutnya pada pencocokan kurva, diperoleh bahwa kurva yang melalui seluruh titik data eksperimen yang dilakukan ialah persamaan kuartik seperti diperlihatkan dalam Gambar 4. Pemilihan kurva tersebut, yang mempertimbangkan kriteria pertama, yaitu pemilihan nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 (satu), memberikan nilai koefisien korelasi sebesar 0,999. Adapun pemilihan yang mempertimbangkan kriteria kedua, yaitu dipilih persamaan dengan suku terkecil, memberikan persamaan dengan lima suku pertama polinomial atau persamaan kuartik. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hubungan ulangan pemanasan dengan tetapan Newton cooling atau koefisien laju penurunan suhu minyak kelapa ~~ialah~~ dapat diterima berbentuk persamaan kuartik.

## KESIMPULAN

Dari bagian Hasil dan Pembahasan dapat disimpulkan bahwa ulangan pemanasan minyak kelapa berpengaruh pada nilai-nilai besaran fisika (viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, dan koefisien laju penurunan suhu) minyak kelapa tersebut. Pengaruh tersebut dapat diamati secara eksperimen berupa terlihatnya kurva matematis hasil pemplotan data eksperimen, yaitu kurva persamaan kuadrat antara ulangan pemanasan dan viskositas, kurva persamaan linear antara ulangan pemanasan dan kerapatan, kurva persamaan kuadrat antara ulangan pemanasan dan tegangan permukaan, dan kurva persamaan kuartik antara ulangan pemanasan dan koefisien laju penurunan suhu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Ibu Dr. Rahmawati Munir, M.Si. yang telah membantu penelitian ini dan kepada Kepala Laboratorium Fisika Dasar dan Kepala Laboratorium Fisika Teori dan Material, Universitas Mulawarman, yang telah menyediakan fasilitas untuk melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Putri, *Keampuhan Air dan Minyak Kelapa bagi Kesehatan*. Yogyakarta: LAKSANA, 2019.
- [2] H. dan S. Rozaline, *Taklukkan Penyakit dengan VCO*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2005.
- [3] A. N. A. Syah, *Virgin Coconut Oil: Minyak Penakluk Aneka Penyakit*. Jakarta: Agromedia Pustaka, 2005.
- [4] H. Herlina, E. Astryaningsih, W. S. Windrati, dan N. Nurhayati, "Tingkat Kerusakan Minyak Kelapa Selama Penggorengan Vakum Berulang Pada Pembuatan Ripe Banana Chips (Rbc)," *J. Agroteknologi*, vol. 11, no. 02, hal. 186, 2018, doi: 10.19184/j-agt.v11i02.6527.
- [5] A. Mujadin, S. Jumianto, dan R. L. Puspitasari, "Pengujian Kualitas Minyak Goreng Berulang Menggunakan Metoda Viskositas dan Perubahan Fisis," *J. Al-Azhar Indones. Seri Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, hal. 229, 2015, doi: 10.36722/sst.v2i4.158.



- [6] Warsito, G. A. Pauzi, dan M. Jannah, "Analisis Pengaruh Massa Jenis terhadap Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Alat Ukur Massa Jenis dan Akuisisinya pada Komputer," *Pros. semirata FMIPA Univ. Lampung*, hal. 35–41, 2013.
- [7] S. N. Sahasrabudhe, V. Rodriguez-Martinez, M. O'Meara, dan B. E. Farkas, "Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures: Measurement and modeling," *Int. J. Food Prop.*, vol. 20, no. 2, hal. 1965–1981, 2017, doi: 10.1080/10942912.2017.1360905.
- [8] Q. Fariyani, "Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Kerapatan dan Indeks Bias Minyak Zaitun," *J. Pendidik. Fis. dan Keilmuan*, vol. 5, hal. 93, 2019, doi: 10.25273/jpfk.v5i2.4030.
- [9] Y. Rahmi dan T. S. Kusuma, *Ilmu Bahan Makanan*. Malang: Universitas Brawijaya Press, 2020.
- [10] BSN, "Standar Mutu Minyak Goreng Berdasarkan SNI - 3741- 1995," 2002.
- [11] B. A. Kironoto dan U. G. M. Press, *Statika Fluida*. Yogyakarta: UGM PRESS, 2018.
- [12] S. T. M. S. Suhendra, *Konsep Dasar dan Aplikasi Mekanika Fluida Bidang Teknik Mesin*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2019.
- [13] S. Sahin dan S. G. Sumnu, *Physical Properties of Foods*. Tukey: Springer New York, 2007.
- [14] Widyastuti dan Ishafit, "Penentuan Kalor Jenis Bahan menggunakan Metode Pendinginan Newton dan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno," *J. Ris. dan Kaji. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 2, hal. 1–6, 2019, doi: 10.12928/jrpkpf.vxix.xxxx.
- [15] R. Feynman, *The Character of Physical Law*. Inggris, 1967. doi: 10.1086/473527.
- [16] M. L. Boas, *Mathematical Methods in the Physical Sciences Third Edition*. Hoboken, 2006. doi: 10.2307/2275199.
- [17] P. Bevington dan D. K. Robinson, *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*. New York: McGraw-Hill Education, 2003.
- [18] B. Dresch-Langley, O. K. Ekseth, J. Fesl, S. Gohshi, M. Kurz, dan H. W. Sehring, "Occam's razor for big data? On detecting quality in large unstructured datasets" *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 15, 2019, doi: 10.3390/app9153065.