



## INOVASI KIT PERCOBAAN CLAUSIUS-CLAPEYRON DALAM PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK PENENTUAN TITIK DIDIH MINYAK GORENG PADA BERBAGAI TEKANAN

Deni Aryati<sup>1)\*</sup>, Sri Jumini<sup>2)</sup> Yudi Guntara<sup>3)</sup>

<sup>1,2</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Sains Alqur'an

<sup>3</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: [denia\\_astida@yahoo.com](mailto:denia_astida@yahoo.com)

Dikirimkan: 24/03/2022

Diterima: 21/05/2022

Dipublikasikan: 30/05/2022

### Abstrak

Salah satu penyebab penurunan kualitas minyak goreng adalah pemanasan dengan menggunakan suhu yang tinggi terutama pada sistem terbuka seperti wajan. Namun, informasi ini belum banyak diketahui oleh masyarakat secara luas. Peran fisika di sekolah memegang andil besar untuk menyampaikan informasi tersebut supaya pembelajaran lebih kontekstual. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan kit percobaan *clausius-clapeyron* sederhana untuk menentukan titik didih minyak goreng pada berbagai tekanan sehingga dapat diimplementasikan pada pembelajaran di sekolah. Jenis penelitian ini adalah *Research and Development* dengan menggunakan model 4D yakni *define, design, develop* dan *dissaminate*. Hasil pengembangan produk menunjukkan bahwa data yang dihasilkan dari kit percobaan *clausius-clapeyron* sederhana mendekati teori, yakni semakin tinggi tekanan, maka semakin rendah titik didih minyak goreng dalam ruang vakum. Oleh karena itu, kit percobaan *clausius-clapeyron* sederhana ini dapat digunakan dalam pembelajaran fisika di sekolah.

**Kata Kunci:** clausius-clapeyron, kit percobaan, minyak goreng, tekanan, titik didih

### Abstract

One of the causes of the decline in the quality of cooking oil is heating using high temperatures, especially in open systems such as frying pans. However, this information was not widely known by the public. The role of physics in schools plays a significant role in conveying this information so that learning was more contextual. Therefore, the purpose of this study was to develop a simple Clausius-Clapeyron experimental kit to determine the boiling point of cooking oil at various pressures to be implemented in school learning. This type of research was Research and Development using a 4D model, namely *define, design, develop* and *disseminate*. The product development results show that the data generated from the simple Clausius-Clapeyron experimental kit was close to the theory, namely the higher the pressure, the lower the boiling point of cooking oil in a vacuum. Therefore, this simple Clausius-Clapeyron experimental kit can be used in physics learning at school.

**Keywords:** boiling point, clausius-clapeyron, cooking oil, experimental kit, pressure

### PENDAHULUAN

Penggunaan minyak goreng oleh masyarakat Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, karena makanan digoreng cenderung lebih disukai dibandingkan dengan cara direbus. Inovasi berbagai macam makanan lahir dengan cara digoreng karena memberikan rasa gurih pada makanan. Namun, dengan meningkatnya

konsumsi minyak goreng berpotensi untuk menimbulkan penyakit degeneratif seperti kanker, jantung koroner, hipertensi. Beberapa penyakit tersebut diakibatkan oleh pemakaian minyak secara berulang dengan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan penurunan kualitas diantaranya warna, kandungan serta rasa [1].

Jonarson [2] telah melakukan penelitian tentang minyak goreng. Hasil yang diperoleh adalah minyak goreng mengandung asam lemak jenuh sebesar 45,96 % dan tak jenuh 53,9 %. Minyak sekali pakai mengandung asam lemak jenuh sebesar 46,09%, dan asam lemak tak jenuh sebesar 53, 78%. Minyak yang telah digunakan dua kali mengandung asam lemak jenuh sebesar 46,18% dan asam lemak tak jenuh 53,68% [2]. Berdasarkan data tersebut, pemakaian minyak goreng secara berulang meningkatkan asam lemak jenuh yang dapat meningkatkan potensi penyakit pada tubuh. Pemakaian minyak goreng bekas dapat merugikan kesehatan manusia, diantaranya penyakit kanker, penumpukan *Trans Fatty Acid* (TFA) dalam pembuluh darah, penumpukan nilai cerna lemak, serta mengurangi kecerdasan [3]. Hal ini memberikan hubungan yang tinggi antara pemakaian minyak goreng bekas terhadap kesehatan manusia.

Salah satu cara untuk memaksimalkan penggorengan adalah menggunakan *vacuum frying*. Penggorengan bahan makanan dengan mesin *vacuum frying* dinilai lebih efektif, karena menggunakan tekanan vakum dan titik didih minyaknya rendah sehingga tidak merusak kandungan gizi, karena untuk sebagian jenis makanan berupa buah dan sayuran maksimal dipanaskan sekitar 90<sup>0</sup> C dan tekanan antara 65-76 cmHg [4]. Suhu minyak dapat diturunkan menjadi 70-85<sup>0</sup>C karena penurunan titik didih air pada kondisi vakum. Keunggulan menggunakan *vacuum frying* ini adalah kandungan minyak pada makanan lebih sedikit dan ringan namun produk yang dihasilkan tidak kalah kering dan renyah. Selain itu, kandungan gizi pada makanan pun tidak rusak.

Prinsip kerja dari *vacuum frying* ini mengaplikasikan Hukum Termodinamika III, yakni persamaan Clausius-Clapeyron yang dapat menjelaskan lebih rinci tentang perubahan reversible zat murni serta perubahan keadaan dari

satu fase ke fase lainnya. Persamaan Clausius-Clapeyron merupakan persamaan yang digunakan untuk menganalisis perubahan fase orde pertama atau pergantian yang berlangsung saat  $T$  dan  $P$  tetap [5]. Penerapan lain dalam kehidupan sehari-hari diantaranya pompa kalor [6], mesin refrigerasi siklus absorpsi [7] serta tabung vortex [8].

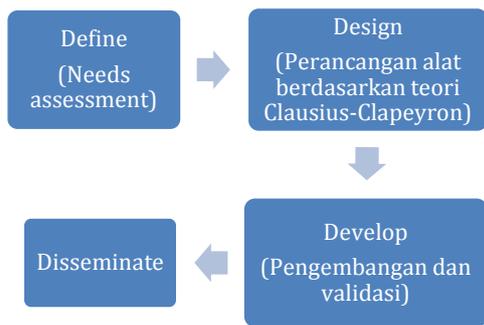
Pada alat *vacuum frying*, uap air yang terjadi sewaktu proses penggorengan disedot oleh pompa vakum. Setelah melalui kondensor uap air mengembun dan kondensat yang terjadi dapat dikeluarkan. Sirkulasi air pendingin pada kondensor dihidupkan sewaktu proses penggorengan. Namun, kelemahan dari alat ini adalah harganya yang relatif mahal. Berdasarkan latar belakang tersebut, dikembangkan alat berdasarkan pada persamaan Clausius-clapeyron untuk membuat suatu kit percobaan sederhana untuk melihat hubungan antara tekanan dengan suhu pada minyak goreng. Diharapkan dari hasil pengembangan ini dapat memberikan inspirasi dalam membuat *vacuum frying* yang lebih terjangkau harganya.

## METODE

Penelitian ini merupakan R&D dengan menggunakan model pengembangan 4D. Model 4D terdiri dari empat tahap, antara lain (1) *define*, (2) *design*, (3) *develop*, dan (4) *disseminate* [9]. Pada penelitian ini dikembangkan alat peraga fisika sederhana untuk membuktikan persamaan Clausius-Clapeyron terkait hubungan antara titik didih dengan tekanan. Alat dan bahan yang digunakan diantaranya 1 buah pompa, 1 labu erlenmeyer, 1 buah klep, mistar, termometer raksa, 2 buah sumbat karet, minyak goreng 0,5 liter, spiritus, kaki tiga, kasa logam, bunsen serta 1 buah tabung kaca bening.

Pada tahap *define*, dilakukan analisis terkait kebutuhan pengembangan alat peraga (*needs*

assessment). Kemudian pada tahap *design*, dilakukan perancangan alat dengan menggunakan teori dari Clausius-Clapeyron. Pada tahap *develop*, dikembangkan alat peraga dan dilakukan pula pengujian validitas alat. Pengujian validitas alat peraga dilakukan dengan cara membandingkan hasil percobaan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Clausius-Clapeyron. Terakhir, *disseminate* dilakukan sosialisasi terhadap beberapa mahasiswa dan sekolah. Prosedur 4D model dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

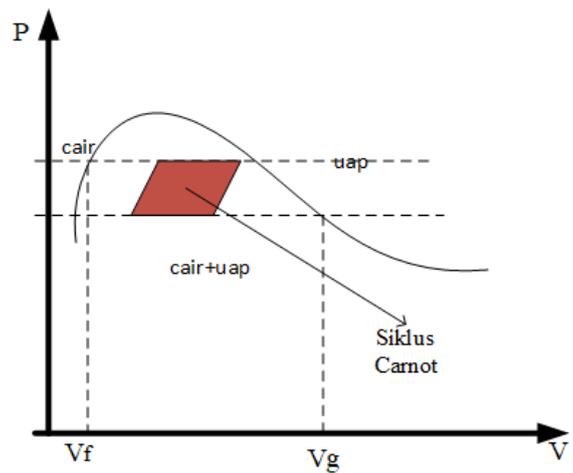


Gambar 1. Prosedur pengembangan 4D

Teknik pengambilan data dalam penelitian ini sesuai dengan pengamatan yang dilakukan selama percobaan. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut; 1) menyiapkan alat dan bahan; 2) memasang thermometer raksa dan selang putih ke sumbat karet; 3) meletakkan sumbat karet yang sudah terpasang ke dalam labu erlenmeyer; 4) mengisi manometer dengan raksa secukupnya sehingga diperoleh tinggi awal 15 cm; 5) memasang selang putih pada tabung kosong kemudian menghubungkan dengan salah satu bagian manometer yang telah terisi raksa; 6) memasang suntikan untuk mengontrol tekanan; 7) meletakkan labu enleyemer yang telah terisi minyak 0,5 liter diatas kaki tiga; 8) memanaskan minyak sampai mendidih; 9) mencatat suhu minyak waktu mendidih pertama kali; 10) mengontrol tekanan dengan variasi tekanan setiap interval 10 ml; 11) mencatat kenaikan raksa pada

manometer; 12) serta memasukkan hasil penelitian ke dalam data hasil pengamatan.

Teknik analisis data penelitian ini adalah Teknik deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil analisis alat dengan persamaan matematis Clausius-Clapeyron. Proses perubahan zat yang dikaitkan dengan tekanan, suhu, entalpi dan volume. Proses perubahan fase zat ini yang berhubungan tidak dapat diukur adalah entalpi. Akan tetapi perubahan entalpi dapat dihitung berdasarkan pengukuran ketiganya. Perubahan fase dalam suatu zat yang dapat digambarkan dengan gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Proses perubahan fase zat

Hukum pertama untuk zat yang mengalami perubahan fase dapat dinyatakan dengan persamaan (1) [10]

$$Q = \Delta U - W \quad (1)$$

Dengan mensubstitusikan  $\Delta U = U_g - U_f$  serta  $W = P(V_g - V_f)$  maka persamaan 1 dapat dinyatakan dengan

$$Q = (h_g - h_f) \quad (2)$$

Kalor yang diserap per satuan massa pada tekanan konstan dapat dituliskan dengan

$$\eta = \frac{W}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \quad (3)$$

Persamaan 3 dapat dinyatakan dengan

$$\frac{dW}{Q} = \frac{dT}{T} \quad (4)$$

Mengingat bahwa  $dW = PdV$  maka dapat dinyatakan

$$dW = m(V_g - V_f)dP \quad (5)$$

Mengingat  $Q = ml$ , maka persamaan 4 dapat dinyatakan

$$\frac{m(V_g - V_f)dP}{ml} = \frac{dT}{T} \quad (6)$$

Sehingga persamaan Clausius Clapeyron dapat dinyatakan dengan

$$\frac{dP}{dT} = \frac{l}{T(V_g - V_f)} \quad (7)$$

Jadi apabila minyak dalam tabung enlenmeyer berlangsung suhu konstan serta volume 1 gram minyak  $\ll$  volume 1 gram uap sehingga volume minyak dapat diabaikan terhadap volume uap minyak. Oleh karena itu, persamaan 8 berubah menjadi

$$\frac{dP}{dT} = \frac{l}{T(V_g)} \quad (8)$$

Titik didih minyak goreng pada berbagai variasi tekanan dapat diperoleh menggunakan persamaan 9 yang dapat dituliskan

$$T = \frac{V_g dP}{l dT} \quad (9)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

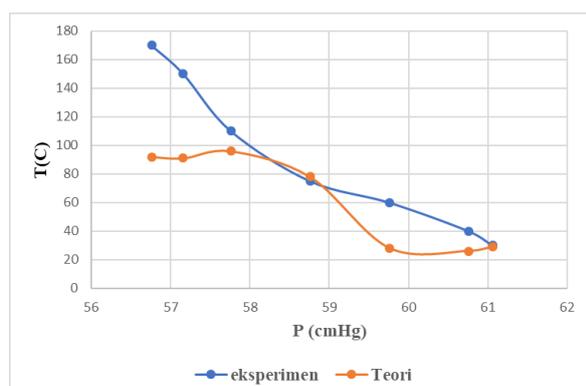
Prinsip alat percobaan ini menggunakan kombinasi manometer dengan variasi tekanan dari suntikan. Manometer merupakan alat ukur tekanan. Prinsip kerja manometer adalah sebagai berikut. Saat manometer tabung berbentuk U terisi oleh raksa yang tingginya sama, tekanan dari selang menyebabkan kenaikan tingginya disalah satu sisi. Perbedaan pada ketinggian” h” merupakan penjumlahan pembacaan di atas dan di bawah angka 0 yang menunjukkan adanya tekanan vakum. Thermometer raksa digunakan untuk mengetahui kenaikan titik didih minyak di dalam labu enlenmeyer. Suntikan berfungsi untuk mengontrol volume yang akan dikeluarkan lewat selang setiap 10 ml. Hasil percobaan yang telah seperti Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil pengamatan nilai titik didih berdasarkan variasi tekanan

$P_0$ (cmHg)	$\Delta h$ (cm)	P (cmHg)	$T(^{\circ}\text{C})_{\text{eks}}$	$T(^{\circ}\text{C})_{\text{teori}}$
75,76	19,0	56,76	170	92
75,76	18,6	57,76	150	91
75,76	18,0	57,76	110	96
75,76	17,0	58,76	75	78
75,76	16,0	59,76	60	28
75,76	15,0	60,76	40	26
75,76	14,7	61,06	30	29

Berdasarkan tabel 1, perubahan reversibel minyak goreng murni yang dipanaskan akan mengakibatkan terjadinya penguapan yang patuh pada hukum gas ideal, yaitu  $PV = nRT$ . Titik didih minyak pada berbagai tekanan yang dikontrol dapat ditentukan. Tekanan awal adalah 1 atm atau 75,76 cmHg. Saat volume suntikan di rubah-rubah, maka tekanan menjadi berubah. Semakin tinggi  $\Delta h$  maka semakin tinggi tekanannya sebagaimana ditunjukkan pada

gambar Hal ini berarti titik didih nya dapat bernilai semakin menurun oleh karena adanya ruangan kaca yang tertutup rapat. Hasil perhitungan secara teori dilakukan dengan menghitung secara manual berdasarkan persamaan 8.



**Gambar 3.** Grafik perbedaan nilai titik didih minyak goreng pada berbagai tekanan.

Perbedaan antara eksperimen dengan teori disebabkan karena tidak dilakukan percobaan secara berulang dikarenakan kontrol api dari spiritus yang tidak stabil oleh gangguan angin, pompa kontrol yang masih manual. ketidakpastian mutlak dalam penelitian ini diperoleh dengan nilai skala terkecil dari termometer yaitu 0,4 C [12]. sedangkan ketidakpastian relatif berhubungan dengan ketelitian pengukuran.

Ketelitian pengukuran yang paling besar adalah 103% pada saat 58,76 cmHg. Disusul dengan 96,5% saat tekanan 61,06 cmHg, 86% pada saat 60,76 cmHg, serta 85% pada saat suhu 57,76 cmHg. Sedangkan ketelitian yang paling kecil yaitu 15% saat 56,76 cmHg.

Kelebihan alat inovatif ini adalah mampu membuktikan prinsip Clausius-Clapeyron sesuai dengan teori mulai tekanan 57,76 cmHg, serta mampu membuktikan titik didih minyak goreng semakin menurun pada berbagai tekanan sehingga dapat digunakan pada pembelajaran Fisika. Sedangkan kelemahan alat ini belum mampu membuktikan menentukan titik didih sesuai dengan teori di bawah tekanan kurang dari sama dengan 57,76 cmHg.

## PENUTUP

### A. Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Karakteristik alat mempunyai cara kerja yang sudah sesuai dengan persamaan Clausius Clapeyron pada tekanan 57,76 cmHg - 61,76 cmHg.
2. Semakin besar tekanan, semakin turun titik didih minyak going.

### B. Saran

1. Perlu di uji coba dengan beberapa volume yang lebih banyak dari 0,5 liter atau kurang dari 0,5 liter
2. Control volume dari suntikan menggunakan volume interval volume 10 ml.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih ditujukan kepada Universitas Sains Alqur'an dan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas kerjasama dan pendanaan terkait dengan penelitian yang telah dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Fanani and E. Ningsih. (2018). Analisis Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai yang Digunakan oleh Pedagang Penyetan di Daerah Rungkut Surabaya Ditinjau dari Kadar Air dan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB), *J. IPTEK*, vol. 22, no. 2, pp. 59–66.
- [2] Jonarson.(2004), Analisa kadar asam lemak minyak goreng yang digunakan penjual makanan jajanan gorengan di Padang Bulan Medan tahun 2004, USU.
- [3] A. S. Fitri and Y. A. N.(2020). Fitriana, Analisis Angka Asam pada Minyak Goreng dan Minyak Zaitun, *Sainteks*, vol. 16, no. 2.
- [4] T. H. Putri(2019). Hubungan citra tubuh, asupan makanan, aktivitas fisik, dan pengetahuan gizi seimbang dengan status gizi kurang pada remaja putri di SMAN 1 Painan Kabupaten Pesisir Selatan, Stikes Perintis Padang.
- [5] Rengga,W.D.P.(2020). *Karbon aktif: perpanjangan masa pakai minyak goreng*. Deepublish.
- [6] Suryanto, W& A. Luthfian.(2019). *Pengantar Meteorologi*. UGM PRESS.

- [7] Unocic, K.A *et al.*(2020). Introducing and Controlling Water Vapor in Closed-Cell In Situ Electron Microscopy Gas Reactions, *Microsc. Microanal.*, vol. 26, no. 2, pp. 229–239.
- [8] Rohyami, Y.(2018). *Kimia Fisika*. Deepublish.
- [9] Basri, H.(2018). Kemampuan kognitif dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran ilmu sosial bagi siswa sekolah dasar,” *J. Penelit. Pendidik.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–9.
- [10] Fitriani, Z. *et al.*(2018), Learning Devices Based on Realistic Approach to Increase the Ability of Mathematical Literation of Junior High School Students, in *3rd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2018)*, pp. 543–546.
- [11] Purba, L. S. L.(2020). *Modul Praktikum Kimia Fisika 1*. Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Duta Wacana.
- [12] Anggraini, A.S & Murdaka, B. (2016). Analisa Ketidakpastian Pengukuran Termometer Alkohol dan Termometer Hg. *Tugas Akhir*. D3 Metrologi dan Instrumentasi, UGM