JIPFRI
https://journal.unuha.ac.id/index.php/JIPFRI

JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)
Vol. 10 No. 2, November 2026, hlm. 241–250
p-ISSN 2549-905X | e-ISSN 2549-9076
https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5439

Analisis Pemuaian Gas Pada Variasi Suhu Dan Waktu Pemanasan Menggunakan Kaleng dan Balon

Dea Elismawati Nababan, Mutiara Syuhada, dan Erlida Amnie*

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia
*Penulis korespondensi: erlidaamnie@unja.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima: 22/06/2026
Direvisi: 20/11/2026
Disetujui: 21/11/2026
Terbit: 29/11/2026

Kata kunci:
Eksperimen sederhana
Kaleng dan balon
Pemuaian gas
Suhu pemanasan
Waktu pemanasan

Keywords:
Can and balloon
Gas expansion
Heating duration
Heating temperature
Simple experiment

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan volume gas pada variasi suhu dan waktu pemanasan menggunakan alat sederhana berbasis kaleng dan balon. Penelitian menggunakan desain eksperimen kuantitatif tanpa melibatkan partisipan manusia, dengan udara di dalam kaleng sebagai objek pengamatan. Instrumen yang digunakan meliputi kaleng, balon, termometer, alat pengukur keliling, dan suntik untuk kalibrasi volume balon. Pemanasan dilakukan pada suhu reservoir 60°C, 65°C, dan 70°C selama 3, 5 dan 7 menit, dengan tiga pengukuran pada setiap kondisi. Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan simpangan baku sampel. Pada suhu 60°C, rata-rata volume total meningkat dari 563,41 ± 3,49 mL pada menit ke-3 menjadi 576,45 ± 1,25 mL pada menit ke-7. Pada suhu 70°C, volume meningkat dari 577,17 ± 1,09 mL menjadi 595,65 ± 2,18 mL. Variasi hasil paling besar ditemukan pada suhu 60°C selama 3 menit, dengan simpangan baku 3,49 mL. Temuan ini menunjukkan bahwa alat sederhana dapat memperlihatkan perubahan volume gas akibat pemanasan dan berpotensi digunakan sebagai contoh eksperimen dalam pembelajaran fisika, meskipun masih memiliki keterbatasan pengukuran.

ABSTRACT

This study aims to analyze changes in gas volume at different heating temperatures and durations using a simple experimental apparatus consisting of a can and a balloon. A quantitative experimental method was employed to observe the expansion of air inside the can during heating. The experiment was conducted at heating reservoir temperatures of 60°C, 65°C, and 70°C for 3, 5, and 7 minutes, with three measurements taken under each condition. The balloon circumference was measured and converted into volume using linear interpolation based on calibration data. The results were analyzed using the mean and sample standard deviation. At 60°C, the mean total volume increased from 563.41 ± 3.49 mL at 3 minutes to 576.45 ± 1.25 mL at 7 minutes. At 70°C, the volume increased from 577.17 ± 1.09 mL to 595.65 ± 2.18 mL over the same heating durations. The greatest variation in measurements occurred at 60°C after 3 minutes, with a sample standard deviation of 3.49 mL. These findings indicate that a simple experimental apparatus can demonstrate changes in gas volume due to heating and may serve as an example of an experiment in physics education, although some measurement limitations remain.

Cara mengutip: Nababan, D. E., Syuhada, M., & Amnie, E. (2026). Analisis pemuaian gas pada variasi suhu dan waktu pemanasan menggunakan kaleng dan balon. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah), 10*(2), 241–250. https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5439
Copyright © 2026 Penulis. Artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

PENDAHULUAN

Termodinamika merupakan salah satu materi dalam pembelajaran fisika yang membahas hubungan antara kalor, suhu, dan perubahan keadaan suatu sistem. Salah satu konsep yang dipelajari adalah pemuaian gas akibat perubahan suhu. Konsep ini penting untuk dipahami karena berkaitan dengan perilaku gas ketika menerima energi panas. Namun, proses pemuaian gas tidak selalu mudah diamati secara langsung sehingga diperlukan kegiatan eksperimen yang dapat membantu memperjelas konsep tersebut. Penggunaan alat sederhana dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengamati perubahan volume gas akibat pemanasan. Melalui eksperimen menggunakan kaleng dan balon, perubahan volume udara dapat diamati berdasarkan pengembangan balon pada variasi suhu dan waktu pemanasan. Kegiatan ini dapat memberikan gambaran mengenai perilaku gas dalam kondisi eksperimen nyata serta menjadi contoh penerapan konsep termodinamika dalam pembelajaran fisika.

Dalam kajian termodinamika, perubahan keadaan gas juga berkaitan dengan pembahasan

sistem ideal, salah satunya melalui siklus Carnot. Siklus Carnot pertama kali diperkenalkan oleh Nicolas Léonard Sadi Carnot pada abad ke-19 dan menjadi acuan teoritis dalam menentukan batas maksimum efisiensi mesin kalor. Efisiensi ideal tersebut bergantung pada suhu reservoir panas dan reservoir dingin (Sari, 2022). Namun, pada sistem nyata, efisiensi mesin kalor lebih rendah akibat adanya proses irreversibel, seperti gesekan dan perpindahan kalor akibat perbedaan suhu (Halawa & Halawa, 2024). Perbedaan antara model ideal dan kondisi nyata menunjukkan pentingnya memahami perubahan keadaan gas serta faktor-faktor yang memengaruhi dalam suatu proses termodinamika.

Pemahaman mengenai perilaku gas merupakan salah satu bagian penting dalam pembelajaran termodinamika, khususnya hubungan antara suhu, tekanan, dan volume. Pratiwi et al. (2025) mengkaji pemahaman mahasiswa terhadap konsep dasar termodinamika, termasuk konsep yang berkaitan dengan hukum gas. Salah satu konsep yang dapat dipelajari melalui eksperimen adalah hukum Charles, yang menjelaskan bahwa volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya apabila tekanan dijaga konstan. Silva dan Laburú (2024) membahas penggunaan eksperimen sederhana berbiaya rendah untuk mempelajari hubungan antara suhu dan volume gas pada kondisi tekanan konstan. Penelitian tersebut memperlihatkan bagaimana peralatan sederhana dapat dimanfaatkan untuk mengamati konsep gas dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menggunakan kaleng dan balon untuk mengamati perubahan volume udara pada variasi suhu dan waktu pemanasan. Hasil pengukuran dianalisis untuk mengetahui kecenderungan perubahan volume gas serta keterbatasan pengukuran menggunakan alat sederhana.

Meskipun konsep hubungan suhu dan volume gas dapat dijelaskan secara teoritis, pemahamannya dalam pembelajaran fisika masih menghadapi berbagai kendala. Handayani *et al.* (2025) mengungkapkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami beberapa konsep termodinamika, terutama konsep yang bersifat abstrak. Dalam penelitian tersebut sebanyak 45,5% mahasiswa menganggap siklus Carnot sebagai submateri termodinamika yang paling sulit dipahami. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran termodinamika masih memerlukan pendekatan yang dapat membantu menghubungkan penjelasan teoritis dengan fenomena fisika yang dapat diamati. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah kegiatan eksperimen sederhana. Dalam penelitian ini, kaleng dan balon digunakan untuk mengamati perubahan volume udara akibat pemanasan pada variasi suhu dan waktu. Melalui pengukuran perubahan ukuran balon, penelitian ini bertujuan menganalisis kecenderungan pemuaian gas sekaligus mengidentifikasi keterbatasan pengukuran menggunakan peralatan sederhana.

Pendekatan eksperimen sederhana menjadi solusi praktis dalam keterbatasan fasilitas laboratorium. Estiawan dan Kurniawan (2024) mengembangkan media berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan kolaboratif, Ulfiani dan Dwi Saputro (2024) menyoroti pemanfaatan barang bekas sebagai media eksperimen yang mampu menumbuhkan kreativitas sekaligus menekan biaya. Utama (2025) menambahkan bahwa simulasi sederhana dapat berfungsi sebagai model pembelajaran energi berkelanjutan yang efektif. Penggunaan alat sederhana dalam pembelajaran hukum gas juga dibahas oleh Kua (2020). Penggunaan perangkat eksperimen sederhana juga telah dikembangkan untuk mendukung pembelajaran hukum-hukum gas (Dam-O et al., 2022). Salsabila dan Malik (2025) membahas penggunaan perangkat praktikum Hukum Boyle melalui pengujian alat dan penerapannya di sekolah. Hanan *et al.* (2025) juga membahas penerapan Hukum Boyle melalui kegiatan pembelajaran sederhana untuk memperkenalkan perilaku gas kepada peserta didik.

Pengamatan pemuaian gas menggunakan peralatan sederhana perlu mempertimbangkan kondisi eksperimen dan keterbatasan pengukuran. Perubahan ukuran balon selama pemanasan dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan volume udara, tetapi hasil pengukuran tidak hanya dipengaruhi oleh suhu pemanasan saja. Tetapi sifat elastis balon, perubahan tekanan di dalam sistem, serta perpindahan kalor antara kaleng dan lingkungan juga dapat memengaruhi hasil dari pengamatan. Oleh karena itu, pengukuran pada variasi suhu dan waktu pemanasan perlu dilakukan secara berulang untuk memperoleh gambaran mengenai kecenderungan perubahan volume gas. Analisis hasil eksperimen juga perlu memperhatikan keterbatasan alat agar perubahan volume yang

teramati tidak langsung dianggap sebagai pembuktian hubungan suhu dan volume pada tekanan konstan. Kajian terhadap perilaku gas nyata juga menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi eksperimen ketika membandingkan hasil pengukuran dengan model gas ideal.

Penelitian mengenai hubungan suhu dan volume gas menggunakan alat sederhana telah banyak dilakukan. Penggunaan alat sederhana dalam pembelajaran sains dapat membantu memperlihatkan fenomena fisika yang sulit diamati secara langsung. Tipparach et al. (2024) menerapkan kegiatan berbasis STEM untuk mempelajari sifat termal zat, termasuk pengamatan pengembangan balon ketika udara di dalamnya menerima kalor. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa fenomena pemuaian udara dapat dijadikan bagian dari kegiatan pembelajaran melalui eksperimen langsung. Pendekatan serupa digunakan dalam penelitian ini dengan memanfaatkan kaleng dan balon untuk mengamati perubahan ukuran balon akibat pemanasan. Perbedaannya, penelitian ini berfokus pada analisis perkiraan volume gas berdasarkan pengukuran keliling balon dengan variasi suhu dan waktu pemanasan. Zidny et al. (2019) membahas penggunaan perangkat eksperimen sederhana dan berbiaya rendah untuk mengamati konsep hukum gas. Gavrilov (2025) membahas perangkat eksperimen yang dilengkapi pengukur tekanan dan suhu untuk menunjukkan hubungan antara suhu, tekanan, dan volume gas. Sementara Sihombing *et al*. (2026) menggunakan balon untuk mengamati perubahan ukurannya pada suhu air 30°C, 45°C, dan 60°C dengan tiga kali pengulangan pada setiap kondisi. Penggunaan balon dan wadah sederhana dalam demonstrasi sains untuk memperkenalkan pengaruh pemanasan terhadap perilaku udara. Masuku dan Boateng (2026) juga membahas kegiatan pembelajaran termodinamik melalui eksperimen sederhana menggunakan peralatan yang mudah ditemukan, termasuk pengamatan balon pada wadah yang dipanaskan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan alat sederhana untuk mengamati pemuaian gas bukan merupakan hal yang baru. Penelitian ini memiliki perbedaan pada rancangan pengukuran yang menggabungkan variasi suhu dan waktu pemanasan. Eksperimen dilakukan menggunakan kaleng dan balon pada suhu 60°C, 65°C, dan 70°C dengan waktu pemanasan 3, 5, dan 7 menit. Setiap kombinasi suhu dan waktu diukur sebanyak 3 kali. Keliling balon kemudian dikonversi menjadi perkiraan volume menggunakan tabel kalibrasi. Penelitian ini bertujuan membandingkan perubahan volume udara setiap kondisi pemanasan serta mengidentifikasi keterbatasan pengukuran menggunakan kaleng dan balon. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penyajian dan analisis data pengukuran berulang, bukan pada pengembangan alat eksperimen yang sepenuhnya baru.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan volume udara pada variasi suhu dan waktu pemanasan menggunakan alat eksperimen sederhana berupa kaleng dan balon. Penelitian dilakukan pada suhu 60°C, 65°C, dan 70°C dengan waktu pemanasan 3, 5, dan 7 menit. Analisis dilakukan dengan membandingkan rata-rata volume udara yang diperkirakan melalui kalibrasi keliling balon serta simpangan baku dari pengukuran berulang pada setiap kondisi. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi keterbatasan pengukuran yang dapat memengaruhi hasil eksperimen, seperti proses perpindahan panas, elastisitas balon, dan ketelitian pengukuran volume. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai kecenderungan pemuaian udara akibat pemanasan sekaligus menjadi dasar untuk mengevaluasi penggunaan kaleng dan balon sebagai alat eksperimen fisika sederhana.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan analisis deskriptif komparatif untuk membandingkan perubahan volume udara pada variasi suhu dan waktu pemanasan. Keliling balon yang diperoleh dari pengukuran dikonversi menjadi perkiraan volume menggunakan interpolasi linear berdasarkan tabel kalibrasi. Volume total sistem dihitung dengan menjumlahkan volume awal kaleng dan volume balon hasil konversi. Setiap kombinasi suhu dan waktu pemanasan dilakukan sebanyak tiga kali. Data dianalisis menggunakan rata-rata dan simpangan baku sampel untuk membandingkan kecenderungan perubahan volume serta variasi hasil pengukuran pada setiap perlakuan. Perbandingan kuantitatif terhadap

prediksi hukum Charles dan perhitungan persentase deviasi dari model ideal tidak dilakukan karena suhu gas di dalam kaleng dan tekanan internal tidak diukur secara langsung. Oleh karena itu, analisis difokuskan pada perubahan volume terukur dan keterbatasan pengukuran yang digunakan.

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan berupa kaleng bekas, balon karet, benang, penggaris 30 cm, spuit, termometer digital, dan lap kering (Gambar 1). Kaleng digunakan sebagai wadah udara, sedangkan balon berfungsi sebagai indikator perubahan volume udara selama proses pemanasan. Keliling balon diukur dengan melilitkan benang pada bagian terlebar balon, kemudian panjang benang diukur menggunakan penggaris 30 cm. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan spuit untuk memasukkan udara ke dalam balon secara bertahap pada volume 50–250 mL. Termometer digital digunakan untuk mengukur suhu air pemanas pada variasi 60°C, 65°C, dan 70°C. Sementara itu, lap kering digunakan untuk mengeringkan kaleng setelah perendaman sebelum pengukuran berikutnya.



Gambar 1. Alat dan bahan yang digunakan

Tahap awal penelitian dilakukan melalui kalibrasi menggunakan spuit dengan volume udara sebesar 50, 100, 150, 200, dan 250 mL (Gambar 2). Pada setiap tahap pengisian, keliling balon diukur dengan melilitkan benang pada bagian terlebar balon, kemudian panjang benang diukur menggunakan penggaris 30 cm. Hasil kalibrasi menunjukkan keliling balon berturut-turut sebesar 13,0; 17,6; 20,5; 23,2; dan 25,5 cm. Berdasarkan analisis regresi linear terhadap kelima pasangan data, diperoleh persamaan Vb = 16,0223C − 169,8048 dengan koefisien determinasi R^2 = 0,9806. Persamaan regresi linear digunakan untuk menggambarkan hubungan antara keliling balon dan volume udara berdasarkan lima titik kalibrasi. Sementara itu, perhitungan volume balon pada seluruh data eksperimen dilakukan menggunakan metode interpolasi linear antara dua titik kalibrasi, yaitu keliling 13,0 cm dengan volume 50 mL dan keliling 17,6 cm dengan volume 100 mL.



Gambar 2. Kalibrasi balon

Tahap kedua merupakan pelaksanaan eksperimen utama menggunakan kaleng dan balon. Volume awal udara dalam kaleng (V_0) ditetapkan sebesar 500 mL sebagai dasar perhitungan volume total sistem. Balon dipasang rapat pada mulut kaleng untuk meminimalkan kebocoran udara (Gambar 3). Percobaan dilakukan pada variasi suhu air panas 60°C, 65°C, dan 70°C dengan waktu pemanasan 3, 5, dan 7 menit. Sebelum setiap perendaman, air dipanaskan kembali hingga mencapai suhu yang ditentukan. Pengambilan data dilakukan secara berurutan mulai dari suhu 70°C, kemudian 65°C, dan terakhir 60°C. Pada setiap variasi suhu, pengukuran dilakukan selama 3, 5, dan 7 menit, dengan tiga kali pengulangan pada setiap kombinasi perlakuan. Setelah pemanasan, keliling balon diukur menggunakan benang dan penggaris 30 cm. Bartholomew dan Zürcher (2023) menggunakan pengukuran dimensi balon dengan penggaris untuk menganalisis besaran fisika secara tidak langsung. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengukuran sederhana dapat dipadukan dengan model fisika untuk memperkirakan besaran yang tidak diukur secara langsung. Hal ini sejalan dengan penelitian ini yang memperkirakan volume balon berdasarkan pengukuran keliling melalui metode interpolasi linear. Setelah proses pemanasan dan pengukuran keliling balon selesai, kaleng dikeringkan, kemudian dimasukkan ke dalam reservoir air dingin yang ditargetkan bersuhu 5°C. Kaleng dibiarkan terendam hingga balon mengempis sebelum pengukuran berikutnya. Suhu udara di dalam kaleng tidak diukur secara langsung sehingga suhu 5°C hanya

https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5439

dinyatakan sebagai suhu reservoir pendingin, bukan suhu awal gas yang terukur.



Gambar 3. Pemasangan balon ke kaleng

Balon dipasang rapat pada mulut kaleng untuk meminimalkan kebocoran udara. Kebocoran udara dapat menghambat pengembangan balon.



Gambar 4. Balon direndam di reservoir panas

Pada saat kaleng direndam dalam reservoir air panas (Gambar 4), balon mengalami pengembangan akibat pemanasan udara di dalam kaleng. Pengamatan dilakukan pada variasi suhu dan waktu pemanasan yang telah ditentukan.

Volume balon tidak diukur secara langsung, tetapi diperkirakan berdasarkan hasil pengukuran keliling balon menggunakan benang dan penggaris 30 cm. Data keliling kemudian dikonversi menjadi volume melalui metode interpolasi linear berdasarkan hasil kalibrasi.

$$V_b = V_1 + \frac{V_2 - V_1}{C_2 - C_1}\left(C - C_1\right) \quad (1)$$

Keterangan

V_b = volume balon hasil interpolasi (mL).

V_1 = volume pada titik kalibrasi pertama, yaitu 50 mL.

V_2 = volume pada titik kalibrasi kedua, yaitu 100 mL.

C = keliling balon hasil eksperimen (cm).

C_1 = keliling pada titik kalibrasi pertama, yaitu 13,0 cm.

C_2 = keliling pada titik kalibrasi kedua, yaitu 17,6 cm.

Volume balon (Vb) diperkirakan berdasarkan keliling balon hasil pengukuran (C) menggunakan metode interpolasi linear antara dua titik pada tabel kalibrasi. Pada data eksperimen ini, keliling balon berada pada rentang 14,0–17,4 cm sehingga digunakan dua titik kalibrasi terdekat yang mengapit seluruh rentang pengukuran, yaitu C_1 = 13,0 cm dengan V_1 = 50 mL dan C_2 = 17,6 cm dengan V_2 = 100 mL. Nilai volume balon dihitung menggunakan Persamaan (1). Setelah volume balon diperoleh, volume total sistem dihitung menggunakan Persamaan (2), yaitu dengan menjumlahkan volume awal kaleng (V_0) sebesar 500 mL dan volume balon hasil interpolasi (Vb). Nilai 500 mL merupakan volume awal kaleng yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini. Dengan demikian, keliling balon dikonversi langsung menjadi perkiraan volume, bukan menjadi diameter balon.

$$V_{total} = V_0 + V_b \quad (2)$$

Keterangan:

V_{total} = volume total sistem (mL).

V_0 = volume awal udara dalam kaleng yang diasumsikan sebesar 500 mL berdasarkan kapasitas nominal kaleng yang digunakan.

V_b = volume balon hasil interpolasi (mL).

Dengan pendekatan tersebut, hasil pengukuran keliling balon dikonversi menjadi perkiraan volume secara konsisten. Volume total sistem kemudian digunakan untuk menganalisis kecenderungan perubahan volume pada setiap variasi suhu dan waktu pemanasan.

Ketidakpastian pengukuran keliling balon diperhitungkan karena hasil pengukuran tersebut digunakan untuk memperkirakan volume balon melalui interpolasi linear. Penggaris yang digunakan memiliki skala terkecil 1 mm atau 0,1 cm. Dengan mengasumsikan kesalahan pembacaan akibat resolusi penggaris mengikuti distribusi seragam, ketidakpastian standar keliling diperoleh sebesar 0,0289 cm. Berdasarkan dua titik kalibrasi, yaitu keliling diperoleh 13,0 cm dengan volume 50 mL dan keliling 17,6 cm dengan volume 100 mL, diperoleh faktor konversi sebesar 10,87 mL/cm. Melalui perambatan ketidakpastian keliling standar volume akibat resolusi penggaris diperkirakan

sebesar 0,31 mL. Nilai tersebut hanya memperhitungkan resolusi penggaris dan belum mencakup ketidakpastian akibat posisi serta kekencangan benang, maupun proses kalibrasi balon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran dilakukan pada tiga variasi suhu air, yaitu 70°C, 65°C, dan 60°C, dengan waktu pemanasan 3, 5, dan 7 menit. Setiap kondisi percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan nilai rata-rata, simpangan baku (SD), dan ketidakpastian standar untuk mengetahui perubahan volume total sistem serta variasi hasil pengukuran.

Tabel 1. Hasil analisis volume total sistem pada suhu 70°C

Waktu Pemanasan (menit)	Rata-rata Volume Total (mL)	Simpangan Baku (SD) (mL)	Ketidakpastian Standar (mL)
3	577,17	1,09	0,63
5	588,40	0,63	0,36
7	595,65	2,18	1,26

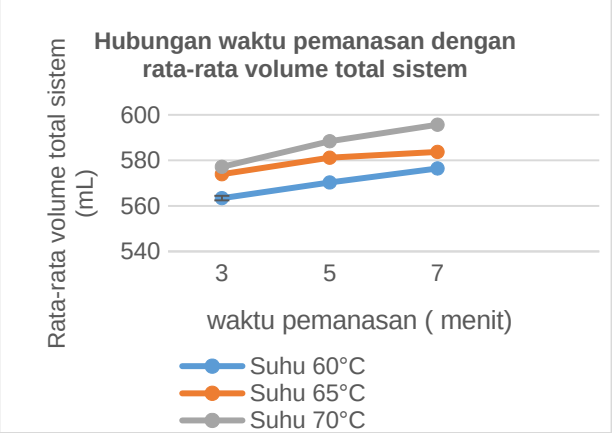
Tabel 2. Hasil analisis volume total sistem pada suhu 65°C

Waktu Pemanasan (menit)	Rata-rata Volume Total (mL)	Simpangan Baku (SD) (mL)	Ketidakpastian Standar (mL)
3	573,91	1,09	0,63
5	581,16	1,26	0,73
7	583,70	1,09	0,63

Tabel 3. Hasil analisis volume total sistem pada suhu 60°C

Waktu Pemanasan (menit)	Rata-rata Volume Total (mL)	Simpangan Baku (SD) (mL)	Ketidakpastian Standar (mL)
3	563,41	3,49	2,02
5	570,29	0,62	0,36
7	576,45	1,25	0,72

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3, diperoleh nilai rata-rata volume total sistem pada setiap variasi suhu dan waktu pemanasan. Untuk memperjelas hubungan antara waktu pemanasan dan perubahan rata-rata volume total sistem, hasil pengukuran pada suhu 60°C, 65°C, dan 70°C disajikan dalam bentuk grafik gabungan pada Gambar 5. Penyajian ini bertujuan untuk memudahkan perbandingan kecenderungan perubahan volume serta variasi hasil pengukuran pada setiap kondisi percobaan.



Gambar 5. Hubungan waktu pemanasan dengan rata-rata volume total sistem pada variasi suhu 60°C, 65°C, dan 70°C (n = 3).

Pembahasan

Berdasarkan hasil eksperimen menggunakan kaleng dan balon, rata-rata volume total sistem menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya waktu pemanasan pada ketiga variasi suhu, yaitu 60°C, 65°C, dan 70°C. Pada waktu pemanasan 7 menit, diperoleh rata-rata volume total sistem sebesar 576,45 mL pada suhu 60°C, 583,70 mL pada suhu 65°C, dan 595,65 mL pada suhu 70°C. Peningkatan volume yang teramati menunjukkan adanya pengembangan balon selama proses pemanasan, yang secara kualitatif berkaitan dengan pemuaian gas akibat perpindahan energi panas dari air menuju udara di dalam kaleng.

Secara teoritis, Hukum Charles menjelaskan bahwa volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlak apabila tekanan dan jumlah gas tetap. Nasution *et al*. (2025) juga membahas hubungan antara suhu, tekanan, dan volume dalam proses ekspansi gas ideal. Namun, kondisi pada percobaan ini belum sepenuhnya memenuhi asumsi tersebut karena suhu udara di dalam kaleng dan tekanan internal tidak diukur secara langsung. Selain itu, elastisitas balon dapat memengaruhi tekanan

selama proses pengembangan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini belum dapat digunakan untuk memastikan kesesuaian kuantitatif dengan Hukum Charles, tetapi dapat menggambarkan kecenderungan perubahan volume selama pemanasan. Kajian mengenai penggunaan model persamaan gas nyata pada eksperimen Hukum Boyle dan Gay-Lussac juga dilakukan oleh Kunlestiawati *et al. (*2023). Kajian tersebut menjadi referensi pendukung bahwa asumsi dan kondisi pengukuran perlu diperhatikan ketika menafsirkan perilaku gas dalam suatu eksperimen.

Meskipun rata-rata volume menunjukkan peningkatan, hasil dari setiap pengulangan masih memiliki perbedaan. Pada suhu 70°C, simpangan baku yang diperoleh sebesar 1,09 mL pada waktu pemanasan 3 menit, 0,63 mL pada 5 menit dan 2,18 mL pada 7 menit. Perbedaan ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran pada setiap perlakuan memiliki tingkat variasi yang berbeda. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh perubahan suhu air selama perendaman, perpindahan panas antara kaleng dan lingkungan, elastisitas balon, serta ketelitian saat mengukur keliling balon menggunakan benang dan penggaris. Namun, pengaruh masing-masing faktor tersebut belum dapat ditentukan secara pasti karena tidak diukur secara terpisah. Dengan demikian, hasil eksperimen menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan volume selama pemanasan, meskipun masih terdapat keterbatasan dalam proses pengukuran.

Pada pengujian suhu 70°C dengan waktu pemanasan 3 menit, diperoleh keliling balon sebesar 15,5 cm, 15,4 cm, dan 15,6 cm dari tiga kali pengulangan. Setelah dikonversi menggunakan interpolasi linear berdasarkan data kalibrasi, diperoleh volume total sistem masing-masing sebesar 577,17 mL, 576,09 mL, dan 578,26 mL. Berdasarkan perhitungan simpangan baku sampel dengan pembagi n − 1, ketiga pengukuran tersebut menghasilkan rata-rata volume total sebesar 577,17 mL dengan simpangan baku 1,09 mL. Nilai simpangan baku tersebut menunjukkan bahwa hasil ketiga pengulangan relatif berdekatan. Pada suhu yang sama, rata-rata volume total meningkat menjadi 588,40 mL setelah 5 menit dan 595,65 mL setelah 7 menit pemanasan. Sementara itu, pada suhu 65°C selama 3 menit, diperoleh rata-rata volume total sebesar 573,91 mL dengan simpangan baku 1,09 mL. Perbandingan ini menunjukkan bahwa rata-rata volume total pada suhu 70°C lebih tinggi dibandingkan suhu 65°C untuk waktu pemanasan yang sama, meskipun tingkat penyebaran hasil pengukurannya relatif serupa. Perbedaan hasil pengukuran dapat berkaitan dengan kondisi pemanasan, perpindahan panas antara kaleng dan lingkungan, serta ketelitian pengukuran keliling balon. Namun, pengaruh masing-masing faktor tersebut belum dapat dipastikan karena tidak diukur secara terpisah. Oleh karena itu, hasil eksperimen digunakan untuk menggambarkan kecenderungan perubahan volume selama pemanasan, bukan sebagai pembuktian kuantitatif Hukum Charles.

Perbedaan hasil pengukuran pada setiap pengulangan kemungkinan juga dipengaruhi oleh cara pengukuran yang digunakan. Perubahan ukuran balon selama pemanasan perlu ditinjau dengan mempertimbangkan sifat material balon yang digunakan. Baaser dan Becker (2023) meneliti karakteristik pengembangan balon melalui pengamatan hubungan antara tekanan dan diameter. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa respons balon terhadap perubahan tekanan berkaitan dengan sifat mekanis bahan penyusunnya. Kondisi ini menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam penelitian kaleng-balon karena perubahan keliling yang terukur belum tentu hanya dipengaruhi oleh perubahan suhu gas. Namun, penelitian ini tidak melakukan pengukuran tekanan internal maupun pengujian karakteristik elastis balon sehingga besarnya pengaruh kedua faktor tersebut belum dapat ditentukan. Dalam penelitian ini, keliling balon diukur menggunakan benang yang dililitkan pada bagian terlebar balon, kemudian panjang benang diukur menggunakan penggaris 30 cm. Pengukuran dengan cara tersebut masih memungkinkan adanya perbedaan posisi benang, kekencangan saat melilitkan benang, dan pembacaan skala penggaris. Perbedaan kecil pada hasil pengukuran keliling dapat memengaruhi volume balon yang dihitung melalui interpolasi linear. Berdasarkan data kalibrasi, selisih keliling sebesar 0,1 cm menghasilkan perbedaan perkiraan volume sekitar 1,09 mL. Selain itu, penggunaan balon secara berulang selama pemanasan dan pendinginan mungkin memengaruhi kemampuan balon untuk mengembang. Namun, hal tersebut belum dapat dipastikan karena tidak dilakukan pengujian elastisitas maupun kalibrasi ulang setelah

percobaan. Oleh karena itu, perbedaan hasil pengukuran lebih tepat dikaitkan dengan kemungkinan keterbatasan alat dan prosedur pengukuran, tanpa menyimpulkan adanya kerusakan atau kelelahan pada bahan balon.

Percobaan menggunakan kaleng dan balon ini dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif kegiatan praktikum sederhana untuk membantu mahasiswa mengamati perubahan volume gas selama proses pemanasan. Kegiatan praktikum dapat dimulai dengan memperkenalkan kalibrasi balon, pengukuran keliling balon pada variasi suhu dan waktu pemanasan, serta perhitungan volume menggunakan interpolasi linear. Data yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan diskusi untuk membandingkan perubahan volume pada setiap perlakuan. Mahasiswa juga dapat diajak membahas mengapa hasil pengukuran pada setiap pengulangan tidak selalu sama dan faktor apa saja yang mungkin memengaruhinya. Melalui kegiatan ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep pemuaian gas sekaligus mengetahui pentingnya ketelitian dalam melakukan pengukuran. Namun, manfaat kegiatan ini terhadap pemahaman mahasiswa masih perlu diteliti lebih lanjut karena belum dilakukan pengujian secara langsung dalam proses pembelajaran.

Penelitian ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Suhu udara di dalam kaleng dan tekanan internal sistem tidak diukur secara langsung sehingga hasil percobaan belum dapat dibandingkan secara pasti dengan prediksi Hukum Charles. Selain itu, suhu air selama perendaman tidak dijaga tetap dan penggunaan balon memungkinkan adanya pengaruh elastisitas terhadap perubahan volume. Pengukuran keliling balon menggunakan benang dan penggaris juga masih memiliki ketidakpastian yang dapat memengaruhi hasil perhitungan volume. Jumlah pengulangan yang hanya tiga kali pada setiap perlakuan belum cukup untuk memastikan penyebab perbedaan hasil pengukuran. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran suhu gas dan tekanan internal secara langsung, menambah jumlah pengulangan, serta memperbaiki prosedur pengukuran agar hasil yang diperoleh lebih konsisten.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan volume gas pada variasi suhu dan waktu pemanasan menggunakan alat sederhana berupa kaleng dan balon. Berdasarkan hasil percobaan, rata-rata volume total sistem cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu pemanasan. Pada waktu pemanasan 7 menit, diperoleh rata-rata volume total sebesar 576,45 mL pada suhu 60°C, 583,70 mL pada suhu 65°C, dan 595,65 mL pada suhu 70°C. Sementara itu, pada suhu 70°C selama 3 menit, diperoleh rata-rata volume total sebesar 577,17 mL dengan simpangan baku sampel 1,09 mL. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan volume total sistem selama pemanasan, meskipun masih terdapat variasi hasil pengukuran berulang. Percobaan ini belum dapat digunakan untuk membuktikan kesesuaian kuantitatif dengan Hukum Charles karena suhu gas di dalam kaleng dan tekanan internal sistem tidak diukur secara langsung.

Percobaan menggunakan kaleng dan balon ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif kegiatan praktikum sederhana untuk membantu mahasiswa mengamati perubahan volume gas selama pemanasan. Kegiatan ini juga dapat digunakan untuk melatih keterampilan pengukuran dan analisis data. Namun, manfaatnya terhadap pemahaman mahasiswa masih perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian berikutnya disarankan untuk melakukan pengukuran suhu dan tekanan gas secara langsung, menambah jumlah pengulangan, serta memperbaiki prosedur pengukuran volume agar hasil yang diperoleh lebih konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jambi atas izin penggunaan tempat dan peminjaman beberapa alat yang mendukung pelaksanaan penelitian. Fasilitas tersebut membantu kelancaran proses eksperimen dan pengumpulan data.

PERNYATAAN

Kontribusi Penulis: Dea Elismawati Nababan: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi, Kurasi Data, Analisis Formal, Penulisan – Draf Awal, serta Penulisan – Telaah dan Penyuntingan. Mutiara Syuhada: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi,

Kurasi Data, Analisis Formal, Penulisan – Draf Awal, serta Penulisan – Telaah dan Penyuntingan. Erlida Amnie: Konseptualisasi dan Supervisi. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui naskah akhir.

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal. Biaya pelaksanaan penelitian ditanggung secara mandiri oleh penulis.

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Artifisial (AI): Dalam penyusunan naskah ini, penulis menggunakan ChatGPT (OpenAI) sebagai alat bantu dalam memperbaiki tata bahasa, meningkatkan keterbacaan, serta membantu penyusunan revisi naskah berdasarkan masukan reviewer. Penulis telah menelaah, memeriksa kembali kesesuaian data dan hasil analisis, serta menyunting naskah sesuai dengan hasil penelitian. Seluruh penulis bertanggung jawab penuh atas keakuratan informasi dan isi akhir publikasi.

Persetujuan Etik: Tidak relevan.

Ketersediaan Data: Data yang mendukung temuan penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar.

REFERENSI

Baaser, H., & Becker, S. (2023). Balloon inflation revisited. *Polymer Testing, 129*, Article 108273. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108273

Bartholomew, A., & Zürcher, U. (2023). Measuring the pressure inside a party balloon with a ruler. *Physics Education, 58*(3), Article 035006. https://doi.org/10.1088/1361-6552/acb87c

Dam-O, P., Boonphasuk, S., & Maungchang, R. (2022). The development of a multi-skill laboratory of gas laws for engineering freshmen. *World Transactions on Engineering and Technology Education, 20*(3), 179–184. https://www.wiete.com.au/journals/WTE%26TE/Pages/Vol.20%2C%20No.3%20%282022%29/04-Dam-O-P.pdf

Estiawan, F., & Kurniawan, W. J. (2024). Aplikasi augmented reality sebagai media pembelajaran termodinamika fisika. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi, 6*(3), 155–160. https://www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id/index.php/jmapteksi/article/view/4868

Gavrilov, A. (2025). Demonstration of gas laws in physics lessons. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 14*(2), 99–102. https://doi.org/10.30574/wjaets.2025.14.2.0558

Halawa, C., & Halawa, H. B. S. (2024). Analisis efisiensi mesin Carnot dalam sistem termodinamika. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik, 1*(3), 44–49. https://doi.org/10.70134/identik.v1i3.105

Hanan, S., Priatna, K. V., Sukmawati, S., & Anggriawan, M. A. (2025). Penerapan hukum Boyle dalam studi perilaku gas udara untuk anak sekolah dasar. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa, 6*(2), 2162–2167. https://jabb.lppmbinabangsa.id/index.php/jabb/article/view/2078

Handayani, A. I. S., Indriyani, A. R., Rosida, A. S. G., Astutik, S., & Meilina, I. L. (2025). Analisis kesulitan mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember dalam memahami konsep thermodinamika. *U-Teach: Journal Education of Young Physics Teacher, 6*(1), 73–85. https://doi.org/10.30599/6ycw1266

Kua, M. Y. (2020). Tabung suntik untuk hukum Boyle, simulasi pengukuran tekanan udara dengan real world problem sebagai alternatif pemecahan masalah. *IMEDTECH (Instructional Media, Design and Technology), 4*(2), 43–53. https://doi.org/10.38048/imedtech.v4i2.225

Kunlestiawati, K., Muldiani, R. F., & Pratama, D. (2023). Analisis model persamaan gas nyata pada eksperimen hukum Gay-Lussac dan Boyle. *SPEJ (Science and Physics Education Journal), 7*(1), 1–7. https://doi.org/10.31539/spej.v7i1.6869

Masuku, S. J. C., & Boateng, S. (2026). Kitchen science as a pedagogical model: Integrating students-constructed problem-based learning to enhance thermodynamic conceptualisation in physics education. *STEM Education, 6*(2), 162–193. https://doi.org/10.3934/steme.2026008

Nasution, A. O., Batubara, S. B., Darkia, W., Balqis, S. T., Aprillia, J., & Adristi, T. S. (2025). Kajian teoritis termodinamika pada proses ekspansi gas ideal. *Jurnal Kolaboratif Sains, 8*(2), 1189–1194. https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS/article/view/6838

Pratiwi, R. Y., Astuti, R. T., & Islamiyah, S. B. (2025). Mapping the mastery level of basic thermodynamics concepts among chemistry education students. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia, 9*(1), 78–88. https://doi.org/10.19109/ojpk.v9i1.28222

Salsabila, L. D., & Malik, A. (2025). Optimizing Boyle's law practicum using a PhET-based virtual HOT lab. *INSECTA: Integrative Science Education and Teaching Activity Journal, 6*(1), 51–63. https://doi.org/10.21154/insecta.v6i1.10082

Sari, T. P. (2022). Siklus-siklus mesin kalor. Dalam *Termodinamika: Tinjauan teoritis dan praktis* (hlm. 113–126). Indi Press. https://repository.upnjatim.ac.id/11339/

Sihombing, L. R., Ma'ruf, N., & Sirait, J. V. (2026). Visualization of the kinetic gas theory concept through the air expansion experiment in balloons as a simple practical media. *RAJENDRA: Journal of Science and Technology Learning Innovation, 1*(1). https://journal.sigufi.com/index.php/rajendra/article/view/158

Silva, O. H. M. da, & Laburú, C. E. (2024). Atividade experimental de baixo custo no estudo de transformações isobáricas: Uma proposta para o ensino médio. *Revista Ciências & Ideias, 15*(1), e24152650. https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2650

Tipparach, U., Piromjitpong, T., Wuttiya, C., & Chimjarn, S. (2024). The design of STEM activities on thermal properties of matter for primary students. *Journal of Science and Science Education, 7*(2), 456–466. https://doi.org/10.14456/jsse.2024.36

Ulfiani, H., & Dwi Saputro, T. W. (2024). Upaya meningkatkan kreativitas siswa melalui pemanfaatan barang bekas sebagai alternatif media alat ukur. *Natural: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA, 10*(1), 1–7. https://doi.org/10.30738/natural.v10i1.12856

Utama, R. (2025). Review software simulasi untuk pembelajaran fisika interaktif. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online), 13*(2), 95–106. https://doi.org/10.22487/jpft.v13i2.4484

Zidny, R., Fadhilah, G. A., Melda, G. E., Sholihah, I. I., Widiastuti, N. L., Haerunnisa, N., & El Islami, R. A. Z. (2019). Simple and low-cost chemical experiment kits to observe the concept of gas laws. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA, 5*(1), 16–25. https://doi.org/10.30870/jppi.v5i1.3917