



ANALISIS HUBUNGAN KESETARAAN ANTARA ENERGI LISTRIK DAN ENERGI PANAS (KALOR-LISTRIK) DALAM KALORIMETER

ANALYSIS OF THE EQUIVALENCE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRICAL ENERGY AND HEAT ENERGY (HEAT-ELECTRICITY) IN A CALORIMETER

Wahyu Prabaningrum*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Riki Perdana, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: wahyu1716fmipa.2023@student.uny.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Pada dasarnya peralatan rumah tangga seperti teko pemanas, alat penanak nasi, kompor gas, dan peralatan listrik lainnya memiliki cara kerja mengubah energi listrik pada kawat menjadi energi panas/kalor. Proses ini menjadi objek penelitian dalam percobaan yang berhubungan dengan dua bentuk energi, yakni energi listrik dan energi kalor. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan besarnya energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter, besarnya energi panas/kalor yang diterima kalorimeter, dan menentukan nilai kesetaraan (kalor – listrik). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengalirkan arus listrik pada kawat tahanan yang tercelup dalam air di dalam kalorimeter. Dalam konteks penelitian ini, prinsip kekekalan energi dan Asas Black digunakan untuk memahami perubahan energi panas yang terjadi pada air dan kalorimeter. Jumlah energi listrik yang dilepas akan diterima oleh air dalam kalorimeter dan kalorimeter itu sendiri, sehingga terjadi perubahan suhu pada keduanya. Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa energi listrik dilepas dan diterima oleh air dan kalorimeter, menyebabkan perubahan panas pada keduanya, sehingga metode yang digunakan dalam percobaan ini efektif untuk menentukan besarnya energi listrik yang dilepas, energi panas yang diterima, dan nilai kesetaraan kalor-listrik dalam peralatan rumah tangga.

Kata Kunci: Energi listrik, energi kalor, konversi energi, asas black, kesetaraan kalor-listrik.

Abstract. Basically, household appliances such as heating pots, rice cookers, gas stoves, and other electrical appliances have a way of converting electrical energy in the wire into heat energy. This process becomes the object of research in an experiment related to two forms of energy, namely electrical energy and heat energy. The purpose of this experiment is to determine the amount of electrical energy released in the calorimeter, the amount of heat energy received by the calorimeter, and determine the equivalence value (heat - electricity). The method used in this research is by running an electric current on a resistance wire dipped in water inside the calorimeter. In the context of this research, the principle of conservation of energy and Black's Principle are used to understand the changes in thermal energy that occur in water and calorimeter. The amount of electrical energy released will be received by the water in the calorimeter and the calorimeter itself, resulting in temperature changes in both. From the experiments that have been carried out, it can be concluded that electrical energy is released and received by water and calorimeter, causing heat changes in both, so the method used in this experiment is effective for determining the amount of electrical energy released, heat energy received, and the value of heat-electricity equivalence in household appliances.

Keywords: *Electrical energy, heat energy, energy conversion, black principle, heat-electric equivalence.*

PENDAHULUAN

Banyak yang mungkin berpikir adalah lelucon ketika seseorang mengatakan bahwa masalah paling substantif yang sering dikeluhkan siswa yang sering dikeluhkan siswa adalah bahwa mereka gagal memahami fisika (Kabil, 2015). Nugroho mengatakan bahwa fisika merupakan pembelajaran yang berkaitan dengan fenomena kehidupan sehari-hari. (Kantarinata dkk., 2017). Salah satu aspek penting fisika dalam kehidupan sehari-hari adalah penggunaan alat-alat listrik. Listrik telah menjadi metode yang paling umum dan populer dalam mendistribusikan energi kepada konsumen, baik di negara-negara maju maupun berkembang (Kassem dkk., 2021). Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat alat-alat pemanas yang menggunakan energi listrik seperti *rice cooker*, kompor listrik atau pemanas ruangan. Pada dasarnya alat-alat tersebut bekerja dengan cara yang sama, yaitu mengubah energi listrik yang mengalir melalui kumparan menjadi energi panas. Demikian pula kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah panas (nilai kalori) yang dilepaskan. Pada percobaan ini, terdapat dua bentuk energi, yaitu energi kalor dan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh suatu catu daya pada suatu resistor dinyatakan dengan Persamaan (1) sebagai berikut.

$$W = VIt \quad (1)$$

dengan V adalah tegangan Listrik (volt), I adalah arus listrik (ampere), t adalah waktu/lama aliran listrik (sekon) dan W adalah energi listrik (joule).

Besaran-besaran yang diukur selama pengaliran arus listrik adalah kuat arus listrik (I), beda potensial ujung-ujung kumparan (V), massa air, waktu pemanasan serta suhu air (Yuningsih, 2018). Dua benda dengan suhu yang berbeda ketika dipertemukan akan menyebabkan kalor mengalir atau berpindah. Banyaknya kalor, massa suatu benda dan jenis benda dapat mempengaruhi naik atau turunnya suhu benda itu sendiri. Satu kalori (kal) didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 gram air sehingga suhunya naik 1°C . Kalor merupakan bentuk energi sehingga satuan kalor adalah sama dengan satuan energi, yaitu joule atau J. Jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat dinyatakan dengan Persamaan (2), sebagai berikut:

$$Q = mc(T - T_a) \quad (2)$$

dengan m adalah massa zat (gram), c adalah kalor jenis zat (kal/g $^{\circ}\text{C}$), T adalah suhu mula-mula zat ($^{\circ}\text{C}$), T_a adalah suhu akhir zat ($^{\circ}\text{C}$), dan Q adalah jumlah kalor yang diperlukan (kal).

Berdasarkan azas Black bahwa panas/kalor yang dilepas sama dengan panas/kalor yang diterima, maka energi listrik yang dilepas akan diterima oleh air dalam kalorimeter dan kalorimeter (termasuk pengaduk) itu sendiri, sehingga akan terjadi perubahan panas pada air dan kalorimeter. Menurut hukum kekekalan energi, bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, yang terjadi hanyalah perubahan bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain. Asas Black dirumuskan dengan Persamaan (3):

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ m_1c_1(T_1 - T) &= m_2c_2(T_2 - T) \end{aligned} \quad (3)$$

Adapun besar nilai kesetaraan kalor listrik dapat dinyatakan dengan Persamaan (4):

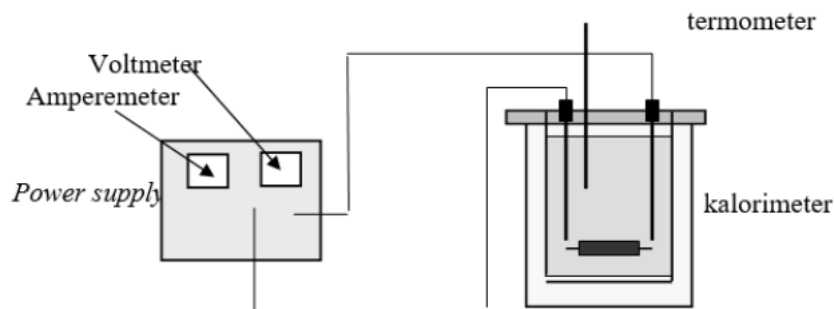
$$\gamma = \frac{VIt}{(m_k c_k + m_a c_a)(T_1 - T_2)} \quad (4)$$

V adalah tegangan listrik (volt), I adalah arus listrik (ampere), t adalah waktu/lama aliran listrik (sekon), m_k adalah massa calorimeter (gram), c_k adalah kalor jenis calorimeter (kal/gr°C), m_a adalah massa air dalam calorimeter (gram), c_a adalah kalor jenis air (kal/gr°C), T_1 adalah suhu mula-mula zat (°C), dan T_2 : suhu akhir zat (°C).

Dalam proses pengukuran nilai kesetaraan kalor listrik ini, ada banyak faktor yang harus diperhatikan. Faktor-faktor seperti ketidakakuratan pengukuran, variabilitas konduktivitas termal material calorimeter, dan ketidaksempurnaan dalam konversi energi listrik menjadi energi panas juga dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam penentuan nilai kesetaraan kalor listrik. Setelah mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, langkah selanjutnya adalah menjalankan praktikum untuk menentukan besarnya energi listrik yang dilepas dalam calorimeter, menentukan besarnya energi panas/kalor yang diterima calorimeter, dan menentukan nilai kesetaraan kalor-listrik.

METODE

Alat-alat yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan ini antara lain calorimeter, *power supply* (catu daya DC), stopwatch, dan termometer. Skema rangkaian alat percobaan ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Skema rangkaian percobaan

Langkah-langkah percobaan dilakukan dengan terlebih dahulu memasang rangkaian listrik sesuai dengan skema yang telah disediakan. Sebelum *power supply* dihidupkan, rangkaian harus diperiksa oleh pembimbing atau asisten untuk memastikan keamanan dan ketepatan pemasangannya. Calorimeter kosong beserta pengaduknya kemudian ditimbang, dan massanya dicatat. Air ditambahkan ke dalam calorimeter secukupnya, sehingga kumparan terendam seluruhnya atau setidaknya lebih dari separuhnya, lalu calorimeter ditimbang kembali untuk mencatat massa air. Setelah itu, calorimeter dipasang, dan arus serta tegangan pada *power supply* diatur sesuai dengan nilai yang telah ditentukan. Nilai arus (I) dan tegangan (V) dibaca langsung dari amperemeter dan voltmeter yang terdapat pada *power supply*, sehingga alat ukur eksternal tidak diperlukan. *Power supply* kemudian dihidupkan bersamaan dengan diaktifkannya stopwatch untuk mencatat waktu. Air dalam calorimeter diaduk secara perlahan, dan suhu air dicatat pada interval waktu yang telah ditentukan, hingga suhu yang diinginkan tercapai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari percobaan kesetaraan kalor listrik ini adalah menentukan energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter, menentukan besarnya energi panas/kalor yang diterima kalorimeter, dan menentukan nilai kesetaraan (kalor-listrik). Percobaan ini memiliki tiga variabel yaitu besar tegangan dan arus sebagai variabel bebas, nilai kesetaraan kalor listrik sebagai variabel terikat, air dan kalorimeter sebagai variabel kontrolnya. Dalam percobaan ini energi listrik yang dilepaskan akan diterima oleh air dan kalorimeter. Hasil percobaan ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Percobaan

| No. | m_k (gram) | m_a (gram) | V (Volt) | I (A) | t (menit) | T (°C) |
|-----|-----------------|-----------------|---------------|------------|----------------|-------------|
| 1. | 96,29 | 118,1 | 5 | 1 | 0 | 26 |
| 2. | 96,29 | 118,1 | 5 | 1 | 3 | 29 |
| 3. | 96,29 | 118,1 | 5 | 1 | 6 | 31 |
| 4. | 96,29 | 118,1 | 5 | 1 | 9 | 33 |

Berdasarkan azas Black bahwa panas/kalor yang dilepas sama dengan panas/kalor yang diterima, maka energi listrik yang dilepas akan diterima oleh air dalam kalorimeter dan kalorimeter (termasuk pengaduk) itu sendiri, sehingga akan terjadi perubahan panas pada air dan kalorimeter. Dalam kalorimeter dilengkapi pengaduk dimana pada saat zat dicampurkan dalam kalorimeter, air di dalam kalorimeter perlu diaduk agar memperoleh suhu merata sebagai akibat dari pencampuran zat yang suhunya berbeda.

Dari hasil yang diperoleh, suhu air didalam kalorimeter meningkat dengan bertambahnya waktu dan jumlah energi listrik yang dipancarkan. Jumlah energi listrik yang dilepaskan dan jumlah energi panas yang diterima juga konsisten dengan prinsip Black, karena jumlah energi listrik yang dilepaskan dan jumlah energi panas yang diterima harus sama dengan energi panas yang diterima oleh kalorimeter dan air di dalamnya. Pada praktikum dilakukan pengambilan data sebanyak empat kali dengan suhu awal ($T^{\circ}\text{C}$) 26°C kemudian waktu divariasikan secara bertahap diukur dengan kelipatan tiga menit (3, 6, dan 9). Pada menit ke-3 suhu naik menjadi 29°C , pada menit ke-6 suhu menjadi 31°C , dan pada menit ke-9 suhu menjadi 33°C . Pada percobaan ini, tegangan sebesar 5 Volt dan arus listrik sebesar 1 Ampere.

Untuk menentukan energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter menggunakan persamaan $W = Vit$ diperoleh 4 data energi listrik (joule) dalam 4 variasi waktu atau lama aliran listrik (sekon) dari menit ke-0 sampai dengan menit ke-9. Besar energi listrik ditunjukkan oleh Tabel 2. Pada menit awal, diperoleh hasil besar energi listrik yang dilepas kalorimeter ($W \pm \Delta W$) *Joule* sebesar (0 ± 3) , menit ke-3, diperoleh (900 ± 84) *Joule* menit ke-6 diperoleh (1800 ± 165) *Joule*, menit ke-9 diperoleh (2700 ± 246) *Joule*. Dari hasil yang telah diperoleh, dapat dilihat dalam persamaan di atas jika nilai tegangan dan arus listrik yang mengalir dibuat sama atau tetap dalam setiap percobaan maka, nilai energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter akan sebanding dengan waktu atau lama aliran listrik (sekon). Semakin lama variasi waktunya, maka semakin besar pula energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter.

Tabel 2. Besar Energi Listrik

| Data ke- | Menit ke- | $(W \pm \Delta W)$ Joule |
|----------|-----------|--------------------------|
| 1 | 0 | (0 ± 3) |
| 2 | 3 | (900 ± 84) |
| 3 | 6 | (1800 ± 165) |
| 4 | 9 | (2700 ± 246) |

Kemudian untuk jumlah kalor yang diterima akibat perubahan arus tersebut yang ditandai dengan kenaikan suhu setiap pertambahan waktu diperoleh dengan persamaan $Q = (mkck + maca)\Delta T$. Hasil perhitungan besar energi kalor ditunjukkan oleh Tabel 2. $(Q \pm \Delta Q)$ Joule pada menit ke-0, dengan suhu 26°C sebesar (0 ± 290) Joule, pada menit ke-3 dengan suhu 29°C diperoleh $(1744,7 \pm 291,5)$ Joule, pada menit ke-6 dengan suhu 31°C diperoleh $(2907,8 \pm 292,1)$ Joule, dan pada menit ke-9 dengan suhu sebesar 33°C diperoleh $(4070,9 \pm 292,6)$ Joule. Selanjutnya untuk hasil dari kesetaraan kalor ditunjukkan pada Tabel 4. Pada menit ke- n , nbesar kesetaraan kalor adalah $(\gamma \pm \Delta\gamma) = (0,60 \pm 0,07)$

Tabel 3. Besar Energi Kalor

| Data ke- | Menit ke- | $(Q \pm \Delta Q)$ Joule |
|----------|-----------|--------------------------|
| 1 | 0 | (0 ± 291) |
| 2 | 3 | $(1744,7 \pm 291,5)$ |
| 3 | 6 | $(2907,8 \pm 292,1)$ |
| 4 | 9 | $(4070,9 \pm 292,6)$ |

Tabel 4. Besar Kesetaraan Kalor

| Data ke- | Menit ke- | $\gamma \pm \Delta\gamma$ |
|----------|-----------|---------------------------|
| 1 | 0 | (0 ± 0) |
| 2 | 3 | $(0,52 \pm 0,13)$ |
| 3 | 6 | $(0,62 \pm 0,12)$ |
| 4 | 9 | $(0,62 \pm 0,12)$ |

SIMPULAN

Nilai rata-rata kesetaraan kalor $(\gamma \pm \Delta\gamma) = (0,60 \pm 0,07)$ Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat diperoleh besar energi listrik yang dilepas dalam kalorimeter, energi panas/kalor yang diterima kalorimeter, dan besar nilai kesetaraan (kalor-listrik) seperti pada tabel 3,4, dan 5, sehingga perhitungan yang telah dilakukan dapat memenuhi persamaan dari asas Black.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing dan pihak-pihak yang telah berperan penting dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Kabil, O. (2015). Philosophy in Physics Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 675–679. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.057>
- Kantarinata, D., Yuliati, L., & Mufti, N. (2017). *Identifikasi Model mental Siswa Pada materi Suhu dan kalor. 2.*
- Kassem, N., Galantino, C. R., Tester, J. W., Anderson, C. L., & Moore, M. C. (2021). Moving toward a framework for electricity and heat equivalence in energy systems analysis. *Science*, 24(10), 103123. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103123>
- Salo, A., Diana, E., Azizah, W. S., & Viratama, I. P. (2023). Suhu dan Kalor. *Sidoro Cendekia Pendidikan*, 2. Diakses Mei 4, 2024
- Sari, M. (2024). Petunjuk Praktikum Thermodinamika Untuk Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika. Yogyakarta. Diakses Mei 4, 2024
- Yuningsih, N. (2018). Optimasi Besaran Fisis yang Mempengaruhi Proses Konversi Energi (Studi Kasus Percobaan Tara Kalor Mekanik dan Hukum Joule). *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2018*. doi:10.21009/03.SNF2018