Jurnal Pendidikan MIPA
Volume 15. Nomor 4, Desember 2025 | ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Analisis Konsep Termodinamika pada Sistem Mesin Pendingin Pembuat Es Kristal: Studi Kasus di Desa Trumun

Sasmitha Afianti[1),*], Miftakhul Jannah[1)], Erna Risfaula[1)]

Universitas Islam Negeri Salatiga

Corresponding Author: sasmithasurya23@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan konsep termodinamika pada mesin pembuat es kristal di Desa Trumun, Boyolali, Jawa Tengah. Metode yang digunakan meliputi observasi langsung, wawancara dengan pemilik usaha, dan studi literatur terkait prinsip termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin pendingin bekerja berdasarkan hukum kedua termodinamika, di mana energi listrik digunakan untuk mentransfer kalor dari air yang bersuhu rendah ke lingkungan yang bersuhu lebih tinggi. Proses ini melibatkan siklus refrigerasi dengan komponen utama seperti evaporator, kondensor, dan kompresor. Konsumsi energi listrik mesin berkisar antara 40–55 kWh per hari, tergantung pada kapasitas produksi dan kondisi lingkungan. Temuan ini memperkuat pemahaman tentang aplikasi termodinamika dalam teknologi pendingin sehari-hari.

Kata Kunci: Es Kristal; Termodinamika; Mesin Pendingin, Konsumsi Energi

Received: 23 Aug 2025; **Revised**: 16 Oct 2025; **Accepted**: 16 Oct 2025; **Available Online**: 17 Oct 2025

This is an open access article under the CC - BY license.

PENDAHULUAN

Dalam ilmu fisika, perubahan energi merujuk pada bagaimana energi dapat berganti bentuk. Para fisikawan menelaah fenomena ini dengan mengacu pada hukum kekekalan energi dan prinsip-prinsip termodinamika. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa total energi dalam suatu sistem tertutup akan selalu konstan. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk energi lainnya. Dalam studi mengenai termodinamika, perubahan energi dijelaskan melalui hukum pertama yang menekankan pelestarian energi, serta hukum kedua yang menyoroti konsep entropi dan arah perubahan energi dalam proses alami (Wibowo, 2024).

Termodinamika berasal dari kata *thermos* yang berarti panas dan *dynamics* yang artinya perubahan. Jadi Termodinamika adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang cara penyimpanan (*storage*), pengubahan (*transformation*) dan pemindahan (*transfer*) energi terutama energi panas (Hamid, 2007). Termodinamika adalah salah satu cabang fisika yang mempelajari hubungan antara kalor dan suhu. (Estiawan & Kurniawan, 2024). Termodinamika merupakan ilmu yang mendalami energi serta keterkaitannya dengan panas, kerja, entropi, dan kesepontanan proses (Kiswanto, 2022). Termodinamika membahas tentang konsep perubahan atau perpindahan energi yang terjadi dalam bentuk kalor dan kerja, serta hubungan antara sistem, batasnya, dan lingkungan di sekitarnya (Yolanda, 2021).

Termodinamika membahas hubungan energi dalam suatu sistem. Dalam menganalisis sistem yang mengalami perpindahan energi, ilmu ini memiliki peran yang sangat penting. Energi sendiri dapat bertransformasi dari satu wujud ke wujud lainnya, baik secara alami maupun dengan bantuan rekayasa teknologi. Namun, energi di alam semesta bersifat kekal, tidak bisa diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya berubah bentuk tanpa adanya penambahan atau pengurangan. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip konservasi atau hukum kekekalan energi (Rompas, 2015).

Hukum termodinamika mencakup hukum-hukum dasar tertentu seperti hukum nol termodinamika, hukum pertama termodinamika, hukum kedua termodinamika, serta hukum ketiga termodinamika (Sigiro &

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Sinaga, 2024). Termodinamika digunakan untuk menjelaskan cara kerja suatu sistem termodinamis yang tidak dapat berfungsi dengan sempurna. Kajian dalam termodinamika berfokus pada konsep entropi beserta ketetapannya, serta pada prinsip kekekalan energi (Warokka dkk., 2020).

Hukum pertama termodinamika menyatakan bahwa energi tidak bisa diciptakan maupun dimusnahkan, melainkan hanya dapat berubah bentuk. Perubahan energi bersih dalam suatu sistem selama suatu proses berlangsung sama dengan selisih antara total energi yang masuk ke sistem dan total energi yang keluar dari sistem selama proses tersebut (Raihan dkk., 2022). Hukum kedua termodinamika menjelaskan apabila dalam sistem terisolasi yang berada pada keadaan setimbang secara termodinamika, nilai entropinya tidak akan berkurang (Siagian dkk., 2023). Hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa panas dari benda bersuhu lebih tinggi akan secara alami mengalir ke benda dengan suhu lebih rendah. Dalam sistem terbuka, massa dan energi dapat berpindah masuk maupun keluar dari dan ke lingkungan. Sementara itu, pada sistem tertutup, hanya energi yang dapat berpindah, sedangkan massa tetap tidak mengalami perpindahan (Oktavia Nasution dkk., 2024).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang sejalan dengan prinsip-prinsip hukum termodinamika. Beberapa penelitian tersebut seperti pada penelitian yang dilakukan (Intan Zahrani Mufidah dkk., 2023) yang mengidentifikasi penerapan hukum-hukum termodinamika dalam proses pembuatan batu bata di pabrik batu bata skala sederhana yang terletak di Mertoyudan, Magelang, Jawa Tengah. Dalam penelitiannya, diperoleh hasil bahwa proses pembuatan batu bata menerapkan konsep Hukum II Termodinamika, khususnya pada tahap pembakaran yang melibatkan perpindahan kalor melalui radiasi dan konduksi. Selain konsep termodinamika, terdapat pula unsur STEM dalam proses pembuatan dan pembakaran batu bata, baik secara manual maupun menggunakan mesin. Kalor berperan penting dalam proses pembakaran batu bata untuk mendukung pengembangan usaha di daerah. Semakin besar kalor yang dihasilkan, semakin singkat waktu yang dibutuhkan dalam produksi batu bata. Sebaliknya, jika kalor yang dihasilkan sedikit, proses pembuatannya akan memakan waktu lebih lama. Penelitian ini juga memberikan hasil yang signifikan karena dapat memperluas wawasan pembaca mengenai konsep termodinamika serta mendorong peningkatan proses pembuatan batu bata agar terus berkembang sesuai dengan kemajuan zaman modern.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Eli Trisnowati dkk., 2023) Penelitian ini membahas analisis penerapan konsep termodinamika dalam proses produksi kerupuk di Magelang, Jawa Tengah. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi serta mengkaji penerapan prinsip-prinsip termodinamika dapat ditemukan dalam kearifan lokal, salah satunya pada proses pembuatan kerupuk. Lokasi penelitian berada di salah satu pabrik kerupuk di Grabag, Magelang, dengan menggunakan metode observasi, wawancara, serta kajian literatur terkait hukum termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahap penjemuran, proses produksi kerupuk memanfaatkan perpindahan kalor melalui radiasi. Sementara itu, saat proses penggorengan berlangsung, konsep yang diterapkan meliputi hukum I termodinamika mengenai perubahan volume dan suhu akibat pemberian kalor pada sistem, serta hukum II termodinamika yang menjelaskan aliran kalor dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah.

Pada penelitian yang dilakukan (Hadilla dkk., 2023) Penelitian ini menerapkan metode eksperimen untuk mengkaji mekanisme kerja tungku obat nyamuk elektrik yang menggunakan pasir magic beraroma lavender. Metode tersebut dilakukan melalui tahapan yang berkesinambungan sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu suatu benda, maka semakin besar pula panas yang dimilikinya. Pengukuran kalor suatu benda umumnya dilaksanakan dengan cara memahami suhu benda tersebut. Jika suhunya tinggi, maka kandungan panasnya juga tinggi, sebaliknya jika suhunya rendah, panas yang tersimpan juga rendah. Jumlah kalor yang dibutuhkan oleh suatu benda (zat) dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu massa zat, jenis zat (kalor jenis atau kalor laten), serta transformasi suhunya. Semakin besar massa suatu benda, maka semakin banyak pula jumlah kalor yang dibutuhkan untuk diberikan pada benda tersebut.

Prinsip dasar termodinamika diterapkan pada berbagai mesin yang berfungsi untuk membantu serta memudahkan pekerjaan manusia (Aulia Putri dkk., 2025). Salah satu penerapan teknologi pendingin dapat ditemukan pada mesin pembuat es batu kristal, yang bekerja dengan memanfaatkan prinsip dasar termodinamika dalam mengubah air menjadi es melalui mekanisme perpindahan panas. Proses kerjanya didasarkan pada siklus termodinamika tertutup, terutama siklus kompresi uap, guna menghasilkan suhu rendah yang diperlukan untuk pembentukan es batu kristal (Ahmad dkk., 2023).

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Mesin pembuat es kristal merupakan salah satu mesin yang bekerja sesuai dengan Hukum kedua Termodinamika. Mesin pembuat es kristal adalah salah satu jenis mesin pendingin atau disebut juga refrigator (Amosun & Omoniyi Kaffo, 2023). Mesin pendingin adalah alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu produk seperti makanan dan minuman, sekaligus bekerja dengan cara memindahkan panas dari area bersuhu lebih tinggi. Untuk mempertahankan suhu rendah, diperlukan proses pembuangan kalor dari produk bersuhu rendah menuju lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi (Wicaksono & Jamaluddin, 2024). Dalam penerapannya, mesin pendingin menggunakan energi listrik untuk mengalirkan kalor dari objek yang didinginkan menuju udara luar yang memiliki suhu lebih tinggi (Aulia Putri dkk., 2025).

Proses termodinamika pada mesin pembuat es batu kristal melibatkan transformasi energi dari satu bentuk ke bentuk lain, dengan tujuan utama menurunkan suhu air hingga mencapai titik beku. Dalam suatu penelitian oleh (Pramudantoro dkk., 2023), Penggunaan media pendingin *brine* dengan variasi konsentrasi garam pada mesin es menunjukkan bahwa kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kadar larutan. Konsentrasi garam sebesar 50% menghasilkan nilai COP tertinggi dengan efisiensi sistem yang mencapai lebih dari 55% (Aisyah dkk., 2024).

Salah satu penerapan konsep termodinamika yaitu mesin produksi es kristal "Dua Bersaudara" milik Bapak Eko Rachmat Hadi yang berada di dusun Trumun, Kecamatan Wonosegoro, Boyolali, Jawa Tengah. Usaha es kristal ini tergolong Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) karena usahanya tidak berupa pabrik besar, melainkan masih dijalankan di area rumah pemilik dengan peralatan sederhana yang berupa satu mesin pembuat es kristal merk *Hiceon* yang berasal dari China dan satu buah *freezer*. Meskipun demikian dalam sehari mas Eko mampu memproduksi hingga 200 kg es kristal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji serta menganalisis penerapan hukum-hukum termodinamika pada mesin pembuat es kristal sebagai salah satu bentuk mesin pendingin. Proses produksi es kristal diharapkan dapat memperluas pemahaman mengenai penerapan ilmu termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.

METODE

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode observasi, wawancara, serta studi literatur yang berkaitan dengan penerapan termodinamika pada proses pembuatan es kristal. Observasi dilakukan dengan cara mengumpulkan data secara langsung melalui pengamatan terhadap objek penelitian, yang dilengkapi dengan wawancara serta pencatatan berbagai informasi maupun peristiwa yang terjadi selama proses observasi. Pencatatan tersebut dapat dilakukan baik dengan menggunakan alat tulis maupun media digital, seperti foto, video, atau rekaman suara. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperoleh hasil pengamatan yang dapat digunakan dalam memahami, menelaah dan memaparkan penerapan konsep termodinamika pada produksi es kristal (Subekti & Suripto, 2022). Selain itu, peneliti juga menggunakan metode penelitian deskriptif. (Sulistyawati dkk., 2022) Penelitian deskriptif ini dilakukan dengan menghimpun data yang bersumber dari beragam referensi, termasuk jurnal ilmiah, buku, serta artikel yang membahas penerapan termodinamika pada mesin pembuat es kristal dalam kehidupan sehari-hari. Fokus penelitian diarahkan untuk memahami penerapan konsep hukum kedua termodinamika pada kinerja mesin pembuat es kristal dalam aktivitas sehari-hari.

Pengumpulan dan pengamatan data dilakukan secara langsung di lapangan dengan memanfaatkan seluruh pancaindra pengamat untuk mencermati peristiwa atau gejala yang terjadi. Data juga diperoleh melalui wawancara langsung bersama pak Eko selaku pemilik usaha. Selain itu, dilakukan studi literatur sebagai upaya menelaah, menilai, serta hasil pengamatan yang sesuai atau berkaitan dengan topik penelitian, khususnya mengenai penerapan konsep termodinamika dalam proses pembuatan es kristal (Warokka dkk., 2020). Pengumpulan data dilakukan dengan bantuan jurnal-jurnal yang kredibel, sedangkan hasil observasi disajikan secara deskriptif dalam bagian hasil dan pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan mengenai mesin pembuat es kristal yang dilaksanakan pada Minggu, 18 Mei 2025. Observasi tersebut dilaksanakan di "Es Kristal Dua Bersaudara" milik kak Eko di Trumun, Wonosegoro, Boyolali. Dari hasil data diperoleh komponen dan tahapan kerja mesin dapat dilihat pada tabel 1

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Tabel 1. Komponen dan tahapan kerja mesin

No	Komponen	Tahapan Kerja
1	Evaporator	Air masuk ke evaporator. Air dipompa dan dialirkan ke sebuah plat pembentuk es (cetakan logam yang sangat dingin).
2	Kondensor	Setelah air membeku menjadi es, uap panas dari proses pembekuan akan dikumpulkan dan didinginkan di kondensor.
3	Kompresor	Kompresor membantu memompa refrigeran (zat pendingin) untuk melakukan proses pendinginan dalam evaporator dan kondensor.
4	Bin	Setelah es dibekukan, es akan dikumpulkan di bin (wadah)

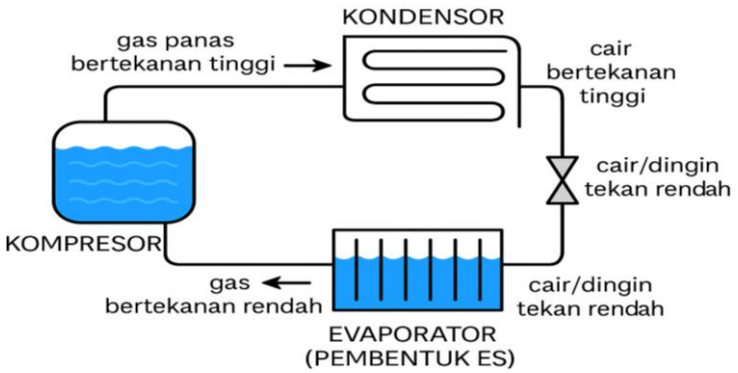
Proses pembuatan es kristal dengan bahan dan alat yang digunakan dapat memengaruhi mutu es yang dihasilkan. Sebagaimana terlihat dari hasil observasi, tahapan pembuatan es kristal meliputi proses pemasukan air, pembekuan, penyerapan panas, pembentukan, hingga pelepasan. Proses dimulai dengan memasukkan air dari tangki penampungan ke dalam mesin melalui selang penghubung. Selanjutnya, air dialirkan menuju evaporator, yaitu komponen tempat air didinginkan hingga membeku menjadi es. Evaporator umumnya berbentuk tabung atau plat dengan permukaan bersuhu rendah. Setelah air berubah menjadi es, uap panas yang dihasilkan dari proses pembekuan dialirkan ke kondensor untuk didinginkan, sehingga refrigeran yang semula berbentuk gas berubah menjadi cair dengan melepaskan panasnya. Refrigeran sendiri merupakan fluida kerja utama dalam siklus refrigerasi yang berfungsi menyerap panas pada kondisi suhu dan tekanan rendah, serta melepaskan panas pada kondisi suhu dan tekanan tinggi (Purwanto & Ridhuan, 2014). Pada proses ini, kompresor berfungsi memompa refrigeran (zat pendingin) sehingga memungkinkan evaporator dan kondensor bekerja dalam menyerap panas. Es yang sudah terbentuk kemudian dikeluarkan dan ditampung di dalam bin (wadah). Waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus produksi es kira-kira sekitar 20 menit hingga es siap terbentuk.

Mesin pendingin beroperasi dengan prinsip termodinamika, yaitu mengubah energi panas dari wujud gas (uap panas) menjadi cairan dingin melalui kondensor dengan memanfaatkan energi listrik sebagai sumber daya. Proses tersebut berlangsung dalam siklus refrigerasi yang melibatkan komponen utama berupa kompresor, kondensor, dan evaporator, yang bekerja secara berkesinambungan untuk menjaga kestabilan suhu di dalam mesin (Djafar & Piarah, 2017). Mesin pembuat es merupakan salah satu contoh penerapan prinsip termodinamika dalam kehidupan sehari-hari. Cara kerjanya adalah dengan mengubah gas atau uap panas menjadi cairan dingin melalui peran kondensor dan kompresor. Proses ini berjalan berlawanan dengan arah alami perpindahan kalor, yang secara normal berpindah dari daerah bersuhu tinggi menuju daerah bersuhu rendah. Karena itu, dibutuhkan energi tambahan dari luar agar mekanisme tersebut dapat terjadi, yaitu energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor (Faturrohman, 2023). Proses tersebut sejalan dengan Hukum II Termodinamika yang menyatakan bahwa "kalor secara alami mengalir dari benda yang memiliki suhu lebih tinggi menuju benda yang bersuhu lebih rendah, dan tidak akan bergerak spontan ke arah sebaliknya" (Safutra dkk., 2021). Mesin es beroperasi dengan cara memindahkan kalor dari sumber yang lebih dingin (air yang akan dibekukan) ke lingkungan yang lebih panas, suatu proses yang tidak dapat berlangsung secara alami. Agar perpindahan kalor berlawanan dengan arah alaminya (dari dingin menuju panas) dapat terjadi, diperlukan energi berupa kerja yang dilakukan oleh kompresor.

Hasil observasi menunjukkan bahwa ketika air masuk ke dalam evaporator, air tersebut akan mengalami proses pembekuan menjadi es. Pada tahap ini, kompresor berperan memompa refrigeran (zat pendingin) sehingga terjadi penyerapan panas pada evaporator dan kondensor. Seluruh rangkaian proses ini merupakan bentuk transformasi energi yang tetap mengacu pada prinsip kekekalan energi. Energi yang dilepaskan dari air agar dapat membeku dipindahkan ke refrigeran, kemudian dibuang ke lingkungan. Hal ini sejalan dengan Hukum Termodinamika I menyatakan bahwa energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk energi lainnya (Fatiatun dkk., 2022b).

Setelah air membeku menjadi es, uap panas dari proses pembekuan akan dikumpulkan dan didinginkan di kondensor dengan mengubah refrigerant dari gas menjadi cair dengan melepaskan panasnya. Es yang telah terbentuk selanjutnya akan dilepaskan ke dalam bin (wadah). Pada mesin ini, es yang dicetak berbentuk kubus. Untuk satu kali produksi, membutuhkan waktu sekitar 20 menit sampai air menjadi es.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444



Gambar 1. Siklus Pendinginan

Berdasarkan ilustrasi di atas, siklus pendinginan diawali ketika kompresor bekerja pada refrigeran yang awalnya berupa gas bersuhu rendah dengan tekanan rendah. Proses kompresi ini meningkatkan tekanan gas secara signifikan, dan sesuai dengan hukum pertama termodinamika, energi listrik yang digunakan kompresor diubah menjadi energi internal pada refrigeran. Akibat kenaikan tekanan, suhu refrigeran juga meningkat sehingga keluar dari kompresor dalam kondisi bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi. Selanjutnya, refrigeran dialirkan menuju katup ekspansi *(capillary tube)*, tempat tekanannya menurun drastis sehingga suhu refrigeran ikut turun dengan cepat. Cairan dingin bertekanan rendah ini kemudian masuk ke evaporator, yaitu bagian yang berfungsi membekukan air. Di evaporator, refrigeran menyerap panas dari air hingga air berubah menjadi es, sementara refrigeran menguap menjadi gas dingin. Gas tersebut kemudian kembali ke kompresor, dan proses siklus pendinginan berlangsung secara berulang (Nasution dkk., 2025). Setiap tahapan dalam siklus ini berjalan berdasarkan prinsip dasar termodinamika, yang menegaskan bahwa energi listrik yang diterima oleh sistem mesin sebanding dengan energi yang dikeluarkan ke lingkungan serta energi yang tersimpan sebagai energi internal pada refrigeran (Fatiatun dkk., 2022a).

Tabel 2. Konsumsi energi listrik dari mesin pembuat es kristal

Kapasitas Produksi	Konsumsi Listrik Umum
250 kg/hari	± 2,2 – 2,8 kW saat bekerja
Lama operasi harian	± 18–20 jam/hari (karena waktu leleh es & siklus pencucian)
Konsumsi listrik harian	± 40–55 kWh/hari
Konsumsi listrik bulanan	± 1.200–1.650 kWh/bulan

Pengukuran dilakukan terhadap konsumsi energi listrik, jumlah panas yang dilepaskan melalui kondensor, serta suhu internal kulkas pada berbagai kondisi beban. Dari hasil pengukuran, diperoleh data bahwa penggunaan energi listrik mesin pembuat es rata-rata berada pada kisaran 40–55 kWh per hari, bergantung pada kapasitas kulkas serta kondisi suhu lingkungan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat es kristal bekerja dengan menerapkan prinsip hukum kedua termodinamika, khususnya dalam proses pemindahan kalor dari suhu rendah ke suhu tinggi menggunakan energi listrik. Siklus refrigerasi yang melibatkan evaporator, kondensor, dan kompresor menjadi kunci utama dalam pembentukan es. Konsumsi energi mesin berkisar antara 40–55 kWh per hari, menunjukkan efisiensi yang perlu diperhatikan dalam operasionalnya. Penelitian ini tidak hanya memperjelas aplikasi termodinamika dalam teknologi pendingin tetapi juga memberikan wawasan tentang pentingnya efisiensi energi dalam usaha mikro seperti produksi es kristal. Temuan ini dapat dijadikan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam upaya mengoptimalkan kinerja mesin pendingin berskala kecil.

Daftar Pustaka

Ahmad, F., Wiranata, A., Nur, J., & Muzakkir, S. (2023). Rancang Bangun Mesin Penyerut Es Batu. *Piston: Jurnal Teknologi*, *8*(2), 1–5.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Aisyah, N., H.M, A., I.A.P, P., & Sugiyanto. (2024). Evaluasi Pemilihan Refrigeran Ramah Lingkungan Untuk Sistem Pemanfaatan Panas Buang Mesin Diesel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *19*(2), 59–68.

Amosun, T. S., & Omoniyi Kaffo, P. (2023). Development of a 1kw Prototype Kerosene-Powered Vapour Absorption Refrigerator for Domestic Refrigeration Applications. *Borobudur Engineering Review*, *3*(2), 36–48. https://doi.org/10.31603/benr.v3i2.10209

Aulia Putri, A., Azsari, A., Ritonga, I. S., Septia, I., Lubis, S., & Nasution, M. F. (2025). Penerapan Aplikasi Termodinamika pada Lemari Es dalam Kehidupan Sehari-Hari Application of Thermodynamics Applications in Refrigerators in Daily Life. *Jurnal Kolaboratif Sains*, *8*(3), 1399–1404. https://doi.org/10.56338/jks.v8i3.6883

Djafar, Z., & Piarah, W. H. (2017). ANALISA KINERJA MESIN REFRIGERASI RUMAH TANGGA DENGAN VARIASI REFRIGERAN. *Jurnal Teknologi Terapan |*, *3*(2).

Eli Trisnowati, Desika Rosiana Putri, Sabilla Safa Annisa Qurrota, Filda Khoirun Nikmah, & Danysa Mulyaningrum. (2023). Analisis Konsep Termodinamika pada Produksi Kerupuk Sebagai Bentuk Kearifan Lokal di Magelang Jawa Tengah. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, *13*(1), 268–273. https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.795

Estiawan, F., & Kurniawan, W. J. (2024). Aplikasi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Termodinamika Fisika. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, *6*(3), 115–160.

Fatiatun, F., Pratiwi, A. D., Wirdati, A. C., Avifatun, N., Fisika, P. P., Tarbiyah, I., Keguruan, D., & Artikel, R. (2022a). PENERAPAN TERMODINAMIKA HEATING DAN COLLING PADA DISPENSER INFO ARTIKEL ABSTRAK. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, *9*(2), 146–150.

Fatiatun, F., Pratiwi, A. D., Wirdati, A. C., Avifatun, N., Fisika, P. P., Tarbiyah, I., Keguruan, D., & Artikel, R. (2022b). PENERAPAN TERMODINAMIKA HEATING DAN COLLING PADA DISPENSER INFO ARTIKEL ABSTRAK. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, *9*(2), 146–150.

Faturrohman, W. (2023). *IMPLEMENTASI PROJECT BASED LEARNING MERANCANG MINI BOX COOLER DALAM MATERI PEMANASAN GLOBAL KURIKULUM MERDEKA*. *3*(2).

Hadilla, S., Asyura, R., & Nurmasyitah, N. (2023). Kajian Konsep Termodinamika Pada Tungku Pemanas Anti Nyamuk. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, *4*(02), 153–166. https://doi.org/10.36418/japendi.v4i02.1593

Hamid, A. A. (2007). *KALOR dan TERMODINAMIKA*.

Intan Zahrani Mufidah, Eli Trisnowati, Keisya Meifiyanti Salsabila, Choirul Muniroh, Fitri Dea Mawa Risqi, & Rizki Kurniawan. (2023). Analisis Hukum Termodinamika pada Pembuatan Batu Bata di Magelang, Jawa Tengah. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, *13*(3), 784–789. https://doi.org/10.37630/jpm.v13i3.1053

Kiswanto, H. (2022). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam dengan Fisika*. . Syiah Kuala University Press.

Musyafak, A., Linuwih, * S, Fisika, S. J., Matematika, F., & Pengetahuan, I. (2013). UPEJ 2 (3) (2013) Unnes Physics Education Journal KONSEPSI ALTERNATIF MAHASISWA FISIKA PADA MATERI TERMODINAMIKA. *Unnes Physics Education Journal*. http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej

Nasution, A. O., Amandasari, C., Junaidah, R., Nurhaviva, S., Amir, I., & Hasibuan, N. K. (2025). ANALISIS PENGARUH HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA TERHADAP EFESIENSI ENERGI DALAM MESIN KULKAS RUMAH TANGGA. Dalam *Jurnal Lingkar Pembelajaran Inovatif* (Vol. 6, Nomor 1).

Oktavia Nasution, A., Harahap, N., Putri, C. D., Arianti, R., Syahfitri, D. A., Fuan, I., Angkat, M., & Penelitian, A. (2024). Studi Perbandingan Hukum Kedua Termodinamika dalam Sistem Terbuka dan Tertutup Comparative Study of the Second Law of Thermodynamics in Open and Closed Systems. *Jurnal Kolaboratif Sains*, *8*(2), 1135–1139. https://doi.org/10.56338/jks.v8i2.6783

Pramudantoro, T. P., Sunanto, & Wulan. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Kadar Garam terhadap Proses Pembekuan pada Mesin Es Batu 40 L dengan Menggunakan Kompresor 1 PK. *Jurnal Rekayasa Energi*, *2*(2), 43–50.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v15i4.3444

Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). *PENGARUH JENIS REFRIGERANT DAN BEBAN PENDINGINAN TERHADAP KEMAMPUAN KERJA MESIN PENDINGIN* (Vol. 3, Nomor 1).

Raihan, Maulis, Subekti, P., & Suripto, H. (2022). Article Review: Konsep Dasar Termodinamika. *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK)*, *Vol 1*(No. 2), 25–27.

Rompas, P. T. D. (2015). *BUKU AJAR TERMODINAMIKA TEKNIK I HALAMAN JUDUL*. UNIMA PRESS.

Safutra, Y., Linuwih, S., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2021). Analisis Berfikir Tingkat Tinggi Siswa pada Materi Hukum Ke-2 Termodinamika. Dalam *Unnes Physics Education Journal Terakreditasi SINTA* (Vol. 10, Nomor 3). http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej

Sakinah, I. A. (2018). *PENGARUH MODEL JIGSAW PUZZLE BERBASIS PENDEKATAN KONTEKSTUAL TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI SISWA PADA KONSEP TERMODINAMIKA*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA.

Siagian, R. C., Alfaris, L., Nurrahman, A., & Sumarto, E. P. (2023). Termodinamika Lubang Hitam: Hukum Pertama dan Kedua Serta Persamaan Entropi. *Jurnal Kumparan Fisika*, *6*(1), 1–10.

Sigiro, M., & Sinaga, G. H. D. (2024). *MEKANIKA STATISTIK DAN TERMODINAMIKA: Analisis, Konsep dan Aplikasi* (A. Susanto, Ed.). Pradina Pustaka.

Subekti, P., & Suripto. (2022). Article Review: Konsep Dasar Termodinamika. *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK)*, *Vol. 1*(Issue 2).

Sulistyawati, W., Wahyudi, & Trimuryono, S. (2022). Analisis (Deskriptif Kuantitatif) Motivasi Belajar Siswa Dengan Model Blended Learning Di Masa Pandemi Covid19. *Kadikma*, *13*(1), 68–73.

Warokka, A., Eng, M., & Boedi, S. (2020). *TERMODINAMIKA TEKNIK* (1 ed.). POLIMDO PRESS. www.polimdo.ac.id

Wibowo, R. (2024). *ENERGI TERBARUKAN*. GET PRESS INDONESIA.

Wicaksono, A. T., & Jamaluddin. (2024). *Layanan Perawatan Pembuat Tabung Es Solusi Terpercaya untuk Peralatan Anda* (Vol. 7). https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/1578/1196

Yolanda, Y. (2021). Pengembangan Modul Ajar Fisika Termodinamika Berbasis Kontekstual. *JURNAL JENDELA PENDIDIKAN*, *1*(3), 80–95.