

SIMULASI EFEK RUMAH KACA SEDERHANA: ANALISIS PERBANDINGAN SUHU PADA SISTEM TERBUKA DAN TERTUTUP

Hapsari Putri Dehi^{1*}, Nisma Ardan Latibu², Awaludin Ismuhu³, Sri Fena Kobandaha⁴

S1 Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Desa Moutong, Kecamatan Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo, 96554, Indonesia

**hapsariputridehi.id@gmail.com*

ABSTRACT

The greenhouse effect is a warming phenomenon caused by the trapping of heat radiation within a closed system, which contributes to global warming. This study aims to analyze the differences in temperature change patterns between open and closed systems through a simple simulation of the greenhouse effect. The experiment was conducted using two jars, an open jar (A) and a closed jar (B), filled with wet cloths, then placed in sunlight. The temperature was measured every 3 minutes for 15 minutes. The results showed that the open jar experienced a gradual decrease in temperature from 56°C to 44°C, while the closed jar experienced a temperature increase from 54°C to 58°C. This difference is caused by limited heat exchange in a closed system, where heat is trapped due to barriers to convection, radiation, and evaporation. The plastic lid on jar B acts as an analogy for the Earth's atmosphere, reflecting back infrared radiation. This simulation proves the basic principle of the greenhouse effect, providing a simple understanding of the mechanism of global warming and the importance of climate education in a scientific context.

Keywords: *Greenhouse Effect; Global Warming; Experimental Simulation; Temperature Comparison; Climate Education*

ABSTRAK

Efek rumah kaca merupakan fenomena pemanasan akibat terperangkapnya radiasi panas di dalam suatu sistem tertutup, yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan pola perubahan suhu antara sistem terbuka dan tertutup melalui simulasi sederhana efek rumah kaca. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan dua toples, yaitu toples terbuka (A) dan toples tertutup (B) yang diisi kain lap basah, kemudian ditempatkan di bawah sinar matahari. Suhu diukur setiap 3 menit selama 15 menit. Hasil menunjukkan bahwa toples terbuka mengalami penurunan suhu secara bertahap dari 56°C menjadi 44°C, sedangkan toples tertutup mengalami kenaikan suhu dari 54°C menjadi 58°C. Perbedaan ini disebabkan oleh terbatasnya pertukaran kalor pada sistem tertutup, di mana panas terperangkap akibat hambatan konveksi, radiasi, dan evaporasi. Tutup plastik pada toples B berperan sebagai analogi atmosfer bumi yang memantulkan kembali radiasi inframerah. Simulasi ini membuktikan prinsip dasar efek rumah kaca, memberikan pemahaman sederhana tentang mekanisme pemanasan global serta pentingnya pendidikan iklim dalam konteks sains.

Kata kunci: Efek Rumah Kaca; Pemanasan Global; Simulasi Eksperimen; Perbandingan Suhu; Pendidikan Iklim

PENDAHULUAN

Efek rumah kaca adalah fenomena di mana suhu bumi semakin meningkat. Penyebabnya adalah sinar matahari yang berupa gelombang panjang (infra merah) terperangkap di lapisan troposfer oleh gas-gas rumah kaca. Lapisan troposfer adalah bagian atmosfer yang berada di permukaan bumi hingga kira-kira 10 km ke atas. Kenaikan suhu ini dapat menyebabkan pemanasan global. Secara keseluruhan, 29% dari energi matahari diserap oleh atmosfer, 20% diserap oleh gas-gas di atmosfer, dan hanya 51% yang sampai ke permukaan bumi. Beberapa gas yang bisa menyebabkan efek rumah kaca adalah karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), klorofluorokarbon (CFC), ozon (O_3), dan nitrogen oksida (N_2O) [1].

Di Indonesia, sekitar 70% dari pencemaran udara berasal dari emisi kendaraan bermotor, seperti suspended particulate matter (SPM). Kendaraan bermotor juga menyumbang hampir 100% timbal, 13 hingga 44% SPM, 71 hingga 89% hidrokarbon, 34 hingga 73% nitrogen oksida (NO_x), serta sebagian besar karbon monoksida (CO) ke dalam udara. Sumber utama debu adalah pembakaran sampah rumah tangga yang menyumbang 41% dari total sumber debu. Sektor industri menjadi sumber utama sulfur dioksida. Di kota padat seperti Jakarta, konsentrasi timbal bisa mencapai 100 kali lipat dari batas yang diizinkan. Beberapa jenis gangguan fisik seperti polusi suara, panas, radiasi, atau polusi cahaya juga termasuk dalam polusi udara. Sifat alami udara membuat dampak pencemaran udara bisa terjadi secara langsung dan lokal, regional, maupun global [2].

Hukum termodinamika adalah kumpulan hukum yang menjelaskan hubungan antara energi panas, proses kerja teknik, serta cara panas berpindah dan usaha yang terjadi dalam suatu proses. Hukum ini terdiri dari beberapa hukum dasar, yaitu hukum nol termodinamika, hukum termodinamika pertama, hukum termodinamika kedua, dan hukum termodinamika ketiga. Hukum

pertama termodinamika merupakan penerapan dari hukum kekekalan energi dalam suatu sistem. Segala hal yang ada di luar sistem dan memengaruhi sifat sistem tersebut disebut lingkungan. Batas yang memisahkan sistem dengan lingkungannya disebut batas sistem. Hukum termodinamika kedua menyatakan bahwa entropi dari suatu sistem yang terisolasi dan berada dalam keadaan setimbang termodinamika tidak pernah berkurang. Kondisi tersebut hanya bisa tercapai jika suhu kedua benda tersebut sama karena perpindahan kalor terjadi akibat adanya perbedaan suhu [3].

Hukum kedua termodinamika menjelaskan bahwa panas dari benda yang panas akan mengalir langsung ke benda yang lebih dingin. Hukum ini adalah prinsip penting yang membantu memahami sistem terbuka dan tertutup. Dalam sistem terbuka, keduanya massa dan energi bisa masuk atau keluar ke lingkungan. Sementara itu, dalam sistem tertutup, hanya energi yang bisa berpindah, dan tidak ada perpindahan massa. Perbedaan ini memengaruhi cara hukum kedua termodinamika diterapkan. Pada sistem tertutup, perubahan entropi bisa dilihat dari energi yang masuk dan keluar. Di sisi lain, pada sistem terbuka, analisis juga harus memperhatikan entropi yang muncul karena aliran massa [4].

Perpindahan panas adalah kajian yang membahas dan memprediksi aliran energi panas pada suatu benda akibat perbedaan suhu. Perpindahan ini selalu terjadi dari sistem bersuhu tinggi menuju sistem bersuhu lebih rendah dan berhenti ketika kedua permukaan mencapai kesetaraan suhu. Ilmu perpindahan panas tidak hanya menjelaskan mekanisme transfer panas, tetapi juga memprediksi laju pertukaran panas yang terjadi pada kondisi tertentu [5].

Perpindahan kalor merupakan salah satu fenomena utamadalam berbagai sistem teknik dan ilmiah, yang melibatkan tiga mekanisme utama: konduksi konveksi, dan radiasi. Dalam konteks perpindahan kalor pada permukaan plat vertikal, mekanisme yang paling dominan

adalah konveksi, khususnya konveksi bebas. Konveksi bebasterjadi karena perbedaan suhu antara permukaan plat dan fluida sekitarnya, yang menghasilkan perubahan densitas dan menciptakan aliran fluida secara alami tanpa bantuan gaya eksternal seperti kipas atau poompa [6].

Suhu dan tingkat kelembaban di dalam ruangan mempunyai dampak besar terhadap efektivitas aktivitas atau pekerjaan. Bekerja dalam suhu yang sangat panas atau lembab dapat mengurangi kemampuan fisik tubuh dan menyebabkan cepat lelah. Di sisi lain, bekerja di tempat yang sangat dingin dapat menyebabkan hilangnya kelenturan pada alat gerak tubuh karena timbulnya kekakuan [7].

Emisi gas rumah kaca (GRK) adalah jenis polutan yang menjadi salah satu penyebab kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh peningkatan suhu bumi atau pemanasan global. Jika gas – gas tersebut terus bertambah di atmosfer, maka akibatnya adalah pemanasan bumi yang dikenal juga sebagai pemanasan global [8].

Efek rumah kaca adalah proses alami di mana atmosfer Bumi memerangkap sebagian panas dari matahari, sehingga suhu planet tetap hangat dan layak huni. Tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata Bumi akan menjadi sekitar -18°C, bukan 15°C seperti saat ini [9].

Atmosfer Bumi bertindak seperti atap kaca pada rumah kaca. Radiasi panas dari matahari masuk ke Bumi, lalu dipantulkan kembali sebagai gelombang panas. Gas-gas tertentu (CO₂, metana, uap air) di atmosfer memerangkap sebagian panas ini, menjaga suhu Bumi tetap hangat dan layak huni [10].

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Praktikum efek rumah kaca dilaksanakan pada pukul 14.00-15.00 WITA. Kegiatan ini bertempat

di Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo, tepatnya di area taman belakang gedung Fakultas MIPA.

Alat dan Bahan

1. Toples Plastik Kaca, 2 Buah
2. Termometer, 2 Buah
3. Kain Lab, 2 Buah
4. Stopwatch, 1 Buah
5. Satu Plastik/Kresek, 1 Buah
6. Karet Gelang, 2 Buah

Prosedur Kerja

Persiapan Sebelum Pengukuran:

1. Rendam 2 kain lap dalam air hangat selama 3 menit.
2. Masukkan kain lap yang telah direndam ke dalam toples A dan toples B. [Image]
3. Masukkan termometer ke dalam ke 2 toples tersebut (pastikan temperatur awal sama).
4. Tutuplah toples B dengan plastik, kemudian ikat dengan karet gelang hingga rapat.

Proses Pengukuran:

1. Letakkan toples A dan toples B di bawah sinar matahari.
2. Catatlah suhu pada ke 2 toples setiap 3 menit sekali selama 15 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Temperatur awal termometer :34°

Wadah terbuka (toples A)	Wadah tertutup (toples B)
3 menit pertama : 56°	3 menit pertama : 54°
3 menit kedua: 53°	3 menit kedua: 55°
3 menit ketiga: 50°	3 menit ketiga: 56°
3 menit keempat: 47°	3 menit keempat: 57°
3 menit kelima: 44°	3 menit kelima: 58°

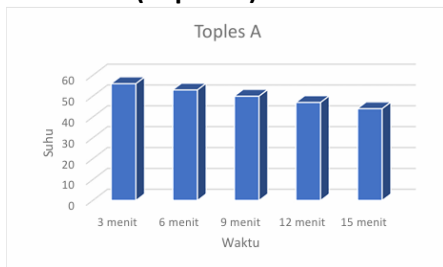
Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat perbedaan pola perubahan suhu yang signifikan antara toples terbuka (A) dan toples tertutup (B). Toples A menunjukkan penurunan suhu secara

konsisten dari 56°C menjadi 44°C dalam waktu 15 menit, sementara toples B justru menunjukkan kenaikan suhu dari 54°C menjadi 58°C pada periode yang sama.

Efek rumah kaca merupakan fenomena dimana energi panas terperangkap di dalam suatu sistem tertutup akibat terhambatnya proses pertukaran kalor dengan lingkungan luar. Dalam skala planet, atmosfer Bumi berperan seperti "tutup" yang memerangkap panas dari matahari. Pada percobaan ini, toples tertutup (B) mensimulasikan kondisi efek rumah kaca, sementara toples terbuka (A) merepresentasikan sistem tanpa efek rumah kaca.

Wadah Terbuka (Toples A)



Gambar 1. Diagram Wadah Terbuka (Toples A)

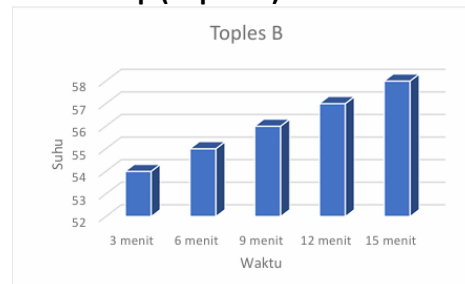
Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan terhadap dua wadah dengan kondisi berbeda, dapat dianalisis secara mendalam mekanisme perpindahan kalor yang terjadi pada kedua sistem tersebut. Pada wadah terbuka (Toples A), terjadi perpindahan kalor secara bebas melalui tiga mekanisme utama. Mekanisme konveksi terjadi ketika udara panas di sekitar kain yang memiliki massa jenis lebih ringan naik ke atas dan digantikan oleh udara dingin dari lingkungan sekitarnya, mengikuti Prinsip Archimedes dalam fluida. Proses sirkulasi udara ini terus berlangsung secara alami berdasarkan Hukum Newton tentang Pendinginan, di mana laju perpindahan panas berbanding lurus dengan perbedaan suhu antara benda dan lingkungannya. Secara simultan, mekanisme radiasi berperan melalui pemancaran gelombang elektromagnetik dalam bentuk radiasi inframerah dari kain panas ke lingkungan yang lebih dingin, sesuai dengan Hukum Stefan-Boltzmann yang menyatakan

bahwa daya radiasi berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlak benda. Selain itu, mekanisme evaporasi memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan suhu melalui proses penguapan air yang terkandung dalam nasi, di mana perubahan fase dari cair menjadi gas membutuhkan energi panas yang besar (kalor laten penguapan) yang diambil dari sistem nasi itu sendiri. Kombinasi ketiga mekanisme ini yang berlangsung tanpa hambatan menyebabkan suhu dalam wadah terbuka mengalami penurunan secara kontinu, sebagaimana diprediksi oleh Hukum Termodinamika tentang aliran kalor dari sistem bersuhu tinggi ke lingkungan bersuhu rendah.

Berdasarkan hasil pengamatan, suhu pada toples A (wadah terbuka) naik cukup signifikan pada tiga menit pertama, yaitu dari suhu awal 34°C menjadi 56°C. Namun setelah mencapai puncaknya, suhu mulai menurun secara bertahap hingga menit kelima. Penurunan suhu ini terjadi karena toples dalam kondisi terbuka, sehingga panas mudah keluar melalui perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi. Udara panas yang ada di dalam toples langsung bercampur dengan udara luar. Hal ini sejalan dengan teori konveksi Newton, yang menyatakan bahwa perpindahan panas pada fluida (udara) akan terjadi dari daerah bersuhu lebih tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah.

Selain itu, penelitian sebelumnya yaitu Alkandari, E. A. juga menunjukkan bahwa wadah terbuka cenderung memiliki tingkat kehilangan panas yang lebih cepat karena tidak ada penghalang yang menahan energi panas.

Wadah Tertutup (Toples B)



Gambar 2. Diagram Wadah Tertutup (Toples B)

Pada wadah tertutup (Toples B), tutup toples berfungsi sebagai analogi lapisan atmosfer dalam fenomena efek rumah kaca dengan memodifikasi ketiga mekanisme perpindahan kalor. Pembatasan konveksi terjadi karena udara panas tidak dapat keluar dari sistem tertutup, sehingga energi kalor terperangkap dan hanya bersirkulasi dalam ruang terbatas, menciptakan sistem kesetimbangan termal internal. Mekanisme radiasi termodifikasi secara fundamental di mana kalor inframerah yang dipancarkan oleh nasi dipantulkan kembali ke dalam sistem oleh permukaan dalam toples, mengikuti prinsip pemantulan radiasi pada permukaan tertutup. Proses ini mensimulasikan cara gas rumah kaca di atmosfer bumi memantulkan kembali radiasi inframerah ke permukaan bumi. Pencegahan evaporasi efektif terjadi karena uap air tidak dapat meninggalkan sistem, sehingga kalor laten penguapan tidak hilang ke lingkungan melainkan tetap dalam sistem dan berkontribusi pada pemanasan internal. Ketika uap air ini terkondensasi pada dinding toples yang relatif lebih dingin, kalor laten kondensasi dilepaskan kembali ke dalam sistem. Akumulasi progresif energi panas dari ketiga mekanisme yang terhambat ini menyebabkan kenaikan suhu bertahap, secara tepat menggambarkan prinsip dasar efek rumah kaca dimana energi terperangkap dalam sistem tertutup menyebabkan peningkatan suhu secara bertahap hingga mencapai titik kesetimbangan termal baru yang lebih tinggi.

Dari perspektif teori termodinamika, perbedaan perilaku kedua sistem ini dapat dijelaskan melalui Hukum Pertama Termodinamika mengenai kekekalan energi. Pada wadah terbuka, sistem bertukar energi dan materi dengan lingkungan secara bebas, sementara pada wadah tertutup, sistem hanya bertukar energi dalam bentuk terbatas tanpa pertukaran materi. Penerapan Hukum Kedua Termodinamika juga relevan, di mana kalor secara alami berpindah dari benda bersuhu tinggi ke rendah, namun dalam sistem tertutup proses ini terhambat oleh batasan fisika. Efikasi isolasi termal yang ditunjukkan oleh

wadah tertutup dalam mempertahankan energi panas memiliki implikasi praktis dalam berbagai aplikasi, mulai dari preservasi panas makanan hingga desain sistem energi efisien. Lebih jauh, pemahaman mendalam tentang mekanisme ini memberikan dasar konseptual untuk memahami fenomena pemanasan global, dimana atmosfer bumi berperilaku analog dengan tutup toples dalam skala planetario, dengan gas rumah kaca berfungsi sebagai pemantul radiasi inframerah yang mencegah pelepasan kalor ke angkasa luar.

Proses yang terjadi dalam toples tertutup merepresentasikan mekanisme efek rumah kaca:

- Sumber panas = analog dengan energi matahari
- Udara dan uap air dalam toples = analog dengan gas rumah kaca
- Tutup toples = analog dengan atmosfer Bumi
- Kenaikan suhu progresif = analog dengan pemanasan global

Sementara itu, pola yang terlihat pada toples B (wadah tertutup) berbeda. Suhu di dalam toples tertutup terus meningkat dari menit ke menit, dari 54°C pada pengukuran pertama hingga mencapai 58°C pada menit kelima. Hal ini terjadi karena panas yang masuk ke dalam toples tidak bisa keluar dengan mudah. Mekanisme ini mirip dengan prinsip efek rumah kaca (greenhouse effect), di mana panas terperangkap di dalam suatu ruang tertutup sehingga menyebabkan peningkatan suhu secara bertahap.

Teori ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Kuznetsov, G. V., & Nee, A. E. (2018), yang menyatakan bahwa wadah tertutup dapat menyimpan panas lebih lama karena radiasi panas yang masuk terperangkap dan memantul kembali ke dalam wadah. Akibatnya, suhu di dalam wadah terus meningkat dan stabil pada nilai yang lebih tinggi dibandingkan wadah terbuka.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil praktikum efek rumah kaca mini, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara perubahan suhu pada wadah terbuka (toples A) dan wadah tertutup (toples B). Toples A mengalami penurunan suhu bertahap dari 56°C menjadi 44°C dalam 15 menit, sedangkan toples B justru mengalami kenaikan suhu dari 54°C menjadi 58°C pada rentang waktu yang sama. Perbedaan ini menunjukkan bahwa wadah tertutup mampu mempertahankan dan menahan kalor lebih lama dibandingkan wadah terbuka.

Fenomena ini menggambarkan prinsip dasar efek rumah kaca, yaitu terperangkapnya radiasi panas dalam ruang tertutup akibat terbatasnya pertukaran kalor dengan lingkungan. Pada percobaan ini, tutup plastik pada toples B berperan seperti atmosfer Bumi yang memantulkan kembali radiasi inframerah sehingga panas tetap berada di dalam sistem. Sementara itu, toples A yang dibiarkan terbuka memungkinkan panas keluar melalui mekanisme konveksi, radiasi, dan evaporasi, sehingga suhu di dalamnya menurun.

Dengan demikian, praktikum ini membuktikan bahwa sistem tertutup yang memiliki penghambat pertukaran kalor mengalami peningkatan suhu lebih besar. Hal ini memberikan gambaran sederhana mengenai bagaimana efek rumah kaca terjadi di atmosfer dan bagaimana peningkatan gas rumah kaca dapat meningkatkan suhu Bumi secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratama, R. (2019). Efek rumah kaca terhadap bumi. *Buletin utama teknik*, 14(2), 120-126.
- [2] Saidal Siburian, M. M., & Mar, M. (2020). *Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca*. Kreasi Cendekia Pustaka.
- [3] Siagian, R. C., Alfaris, L., Nurahman, A., & Sumarto, E. P. (2023). TERMODINAMIKA LUBANGHITAM: HUKUM PERTAMA DAN KEDUA SERTA PERSAMAAN ENTROPI. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.33369/jkf.6.1.1-10>.
- [4] Mufidah, I. Z., Trisnowati, E., Salsabila, K. M., Muniroh, C., Mawarisqi, F. D., & Kurniawan, R. (2023). Analisis Hukum Termodinamika pada Pembuatan Batu Batadi Magelang, Jawa Tengah. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 13(3), 784–789. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i3.1053>.
- [5] Hasibuan, J. D. (2023). *Simulasi Perpindahan Panas pada Dinding Ruang Bakar Boiler dengan Software ANSYS* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- [6] Rahmat Fadhli, E. M. (Ed.). (2025). *Konveksi Bebas dan Perpindahan Kalor pada Plat Vertikal*. Indonesia Emas Group.
- [7] Islam, H. I., Nabilah, N., Atsaurry, S. S. I., Saputra, D. H., Pradipta, G. M., Kurniawan, A., ... & Irzaman, I. (2016). Sistem kendali suhu dan pemantauan kelembaban udara ruangan berbasis arduino uno dengan menggunakan sensor dht22 dan passive infrared (pir). In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-CIP).
- [8] Ismail, A. (2020). Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dalam Kegiatan Belajar Di Rumah Secara On-Line: Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint Analysis). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 195-203. <https://doi.org/10.20527/Jukung.V6i2.9262>
- [9] Pratama, R., & Parinduri, L. (2019). Penanggulangan pemanasan global. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 91-95.
- [10] Sutono, I. R. (2020). *Dampak Rumah Kaca*. Alprin.

- [11] Kuznetsov, G. V., & Nee, A. E. (2018). Conduction, convection and radiation in a closed cavity with a local radiant heater. *Frontiers in Heat and Mass Transfer*, 10, 1–9.
<https://www.techscience.com/fhmt/v10n1/53457>