

ANALISIS PERBEDAAN KARAKTERISTIK MATERIAL STAINLESS STEEL, KACA DAN KERAMIK TERHADAP LAJU PENURUNAN SUHU AIR PANAS

Althesa Androva², Muhamad Safi'i³

althesaandrova@upgris.ac.id², muhamadsafiii@upgris.ac.id³

*Corresponding Author: Muhammad Aroyan Noer Fahrezy¹

✉ oyanrezy40@gmail.com¹

Universitas PGRI Semarang

ABSTRAK

Ketika air bersuhu tinggi ditempatkan dalam suatu wadah, secara perlahan temperaturnya akan menurun sebagai konsekuensi dari adanya aliran kalor dari air menuju udara di sekitarnya. Cepat atau lambatnya proses ini sangat bergantung pada beberapa aspek, dan salah satu yang paling menentukan adalah sifat termal dari bahan wadah itu sendiri. Adapun tujuan dari studi ini ialah untuk menelaah sejauh mana pengaruh tiga jenis bahan, yakni stainless steel, kaca, serta keramik, terhadap kecepatan turunnya suhu air panas, sekaligus mengidentifikasi bahan mana yang paling unggul dalam menjaga kestabilan temperatur air. Untuk menjawab tujuan tersebut, pendekatan eksperimental dipilih dengan menggunakan tiga buah wadah yang seluruhnya memiliki ukuran dan daya tampung serupa, tetapi dibuat dari material yang berlainan. Sebanyak 300 mL air bersuhu awal 90°C dituangkan ke dalam tiap wadah, lalu suhunya dicatat dengan interval waktu lima menit sepanjang satu jam pengamatan. Dari pengamatan tersebut, terlihat jelas bahwa jenis material wadah memberi dampak yang cukup nyata terhadap kecepatan pendinginan air. Pada wadah berbahan stainless steel, suhu air menurun paling drastis hingga menyentuh angka 54°C, sementara wadah kaca berhenti di suhu 60°C, dan wadah keramik justru mampu menjaga suhu tetap berada di 65°C pada akhir pengukuran. Apabila ditinjau dari laju pendinginan rata-rata, diperoleh nilai berturut-turut 0,60°C/menit untuk stainless steel, 0,50°C/menit untuk kaca, dan 0,42°C/menit untuk keramik. Temuan ini mengindikasikan bahwa di antara ketiga material yang diuji, keramik tampil sebagai isolator termal paling andal, mengungguli kaca maupun stainless steel. Dengan demikian, studi ini menegaskan bahwa besar kecilnya konduktivitas termal suatu bahan secara langsung berdampak pada cepatnya perpindahan kalor sekaligus menentukan seberapa baik bahan tersebut menjaga suhu fluida yang dikandungnya.

Kata Kunci: Air panas, Kaca, Keramik, Konduktivitas termal, Stainless steel.

ABSTRACT

When high-temperature water is placed in a container, its temperature gradually decreases as a result of heat transfer from the water to the surrounding environment. The rate of this cooling process is influenced by several factors, one of the most important being the thermal properties of the container material. This study aims to examine the effect of three different materials—stainless steel, glass, and ceramic—on the cooling rate of hot water and to determine which material is the most effective in maintaining water temperature. An experimental approach was employed using three containers with identical dimensions and capacities but made from different materials. Each container was filled with 300 mL of water at an initial temperature of 90°C, and temperature measurements were recorded at five-minute intervals over a period of 60 minutes. The results clearly indicate that the container material has a significant effect on the cooling rate of hot water. The stainless-steel container exhibited the greatest temperature decrease, reaching 54°C at the end of the experiment, while the glass container reached 60°C and the ceramic container maintained the highest final temperature of 65°C. The average cooling rates were found to be 0.60°C/min, 0.50°C/min, and 0.42°C/min for stainless steel, glass, and ceramic, respectively. These findings suggest that ceramic provides the most effective thermal insulation among the tested materials, outperforming both glass and stainless steel. Therefore, this study confirms that the thermal

conductivity of a material directly influences the rate of heat transfer and determines its ability to maintain the temperature of the fluid it contains.

Keywords: *Hot Water, Glass, Ceramic, Thermal Conductivity, Stainless Steel.*

PENDAHULUAN

Di dalam disiplin ilmu teknik mesin, kajian mengenai perpindahan panas menjadi salah satu pokok bahasan mendasar yang kerap ditelaah secara mendalam, mengingat keterlibatannya yang begitu luas, mulai dari sektor industri, sistem konversi energi, lini proses manufaktur, sampai pada beragam aktivitas yang ditemui dalam keseharian (Incropera et al., 2017). Mekanisme perpindahan ini pada hakikatnya muncul tatkala dua buah sistem yang saling terhubung memiliki tingkat temperatur yang tidak sama, sehingga energi dalam wujud kalor secara spontan akan berpindah menuruni gradien suhu, yakni dari sisi yang lebih panas menuju sisi yang lebih dingin, hingga akhirnya tercapai suatu kondisi setimbang secara termal (Çengel & Ghajar, 2020). Prinsip dasar inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai landasan utama dalam menyusun rancangan berbagai perangkat keteknikan, khususnya peralatan yang fungsi kerjanya bertumpu pada aktivitas memanaskan ataupun menurunkan suhu suatu objek (Holman, 2010).

Sebagai salah satu bentuk implementasi dari prinsip perpindahan panas, proses pendinginan air bersuhu tinggi yang disimpan dalam suatu wadah kerap dijumpai pada berbagai aktivitas keseharian dan menjadi contoh yang relevan untuk dikaji secara ilmiah (Bergman et al., 2018). Ketika air panas ditempatkan di dalam wadah, energi panas dari fluida akan berpindah menuju lingkungan sekitar melalui mekanisme konduksi pada dinding wadah, konveksi antara permukaan wadah dengan udara sekitar, serta radiasi termal ke lingkungan (Incropera et al., 2017). Laju perpindahan panas tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti temperatur awal fluida, luas permukaan kontak, kondisi lingkungan, dan sifat termal material yang digunakan sebagai wadah (Çengel & Ghajar, 2020).

Karakteristik material menjadi salah satu faktor yang menentukan proses perpindahan panas karena setiap material memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan energi termal (Bergman et al., 2018). Kemampuan suatu material dalam menghantarkan panas dinyatakan melalui nilai konduktivitas termal (Incropera et al., 2017). Material dengan nilai konduktivitas termal yang tinggi cenderung mempercepat perpindahan panas ke lingkungan sehingga menyebabkan temperatur fluida lebih cepat menurun, sedangkan material dengan konduktivitas termal yang rendah mampu menghambat aliran panas sehingga temperatur fluida dapat dipertahankan dalam waktu yang lebih lama (Holman, 2010).

Pemanfaatan stainless steel sebagai bahan wadah minuman tergolong sangat luas, mengingat material ini memiliki karakteristik unggul, baik dari aspek kekuatan mekanik, resistensi terhadap reaksi korosif, maupun kepraktisannya saat dilakukan proses pembersihan (Callister & Rethwisch, 2018). Di sisi lain, kaca banyak digunakan sebagai wadah makanan dan minuman karena bersifat inert dan tidak mudah bereaksi dengan zat yang disimpan di dalamnya (Shelby, 2005). Sementara itu, keramik dikenal memiliki kemampuan isolasi termal yang baik sehingga sering digunakan sebagai bahan pembuatan cangkir dan wadah minuman panas (Kingery et al., 1976). Perbedaan karakteristik termal dari ketiga material tersebut diduga menghasilkan kemampuan yang berbeda dalam mempertahankan temperatur air panas (Çengel & Ghajar, 2020; Bergman et al., 2018).

Filsafah dkk. (2024) menunjukkan bahwa jenis material wadah berpengaruh terhadap laju penurunan suhu air panas karena adanya perbedaan sifat termal pada masing-masing material. Widiyanto dkk. (2024) menjelaskan bahwa nilai konduktivitas termal kaca memengaruhi kemampuan material tersebut dalam menghantarkan panas. Sirandan dkk.

(2023) menyatakan bahwa setiap material memiliki karakteristik konduktivitas termal yang berbeda sehingga menghasilkan laju perpindahan panas yang berbeda pula. Selain itu, Muin dkk. (2022) menunjukkan bahwa perbedaan jenis material menyebabkan perbedaan kemampuan penghantaran panas yang signifikan. Berbagai hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sifat termal material memiliki pengaruh yang besar terhadap proses perpindahan panas (Filsafah dkk., 2024; Widiyanto dkk., 2024; Sirandan dkk., 2023; Muin dkk., 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas karakteristik termal material dan proses perpindahan panas, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengukuran konduktivitas termal material secara individual atau pada aplikasi tertentu (Widiyanto dkk., 2024; Muin dkk., 2022). Penelitian yang membandingkan secara langsung kemampuan stainless steel, kaca, dan keramik dalam mempertahankan temperatur air panas dengan kondisi eksperimen yang sama masih relatif terbatas (Filsafah dkk., 2024). Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak meninjau nilai konduktivitas termal material dibandingkan kemampuan aktual material dalam mempertahankan temperatur fluida selama proses pendinginan (Sirandan dkk., 2023; Muin dkk., 2022). Hal ini menegaskan bahwa masih terdapat celah penelitian (research gap) yang perlu ditindaklanjuti melalui kajian-kajian selanjutnya (Filsafah dkk., 2024).

Penelitian ini memiliki kelebihan karena membandingkan tiga jenis material yang paling umum digunakan sebagai wadah minuman dalam kehidupan sehari-hari, yaitu stainless steel, kaca, dan keramik, dengan kondisi pengujian yang seragam sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara lebih objektif. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan satu jenis fluida, satu volume air, dan kondisi lingkungan tertentu sehingga belum dapat mewakili seluruh kondisi penggunaan yang sebenarnya.

Berdasarkan kondisi tersebut, kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada perbandingan langsung karakteristik termal stainless steel, kaca, dan keramik sebagai wadah penyimpan air panas menggunakan volume fluida, temperatur awal, waktu pengamatan, dan kondisi lingkungan yang sama. Penelitian ini juga tidak hanya membahas sifat termal material secara teoritis, tetapi mengkaji kemampuan aktual masing-masing material dalam mempertahankan temperatur air panas selama proses pendinginan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan sebagai referensi dalam pemilihan material wadah minuman panas. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan produk yang membutuhkan kemampuan mempertahankan temperatur fluida dalam jangka waktu tertentu serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

Mengacu pada penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, studi ini diarahkan untuk menelaah perbedaan karakteristik termal dari tiga jenis material, yakni stainless steel, kaca, dan keramik, dalam memengaruhi kecepatan turunnya suhu air panas, sekaligus mengidentifikasi material yang menunjukkan kinerja paling optimal dalam menjaga kestabilan temperatur fluida. Studi ini diharapkan memberikan nilai manfaat, yakni manfaat teoritis dalam bentuk pengembangan pemahaman mengenai proses perpindahan panas dan sifat termal material, serta manfaat praktis berupa rujukan dalam pemilihan material wadah yang tepat guna mendukung kebutuhan penyimpanan panas.

METODE

Penelitian ini menggunakan tiga jenis wadah yang terbuat dari material berbeda, yaitu stainless steel, kaca, dan keramik. Ketiga material tersebut dipilih karena merupakan material yang umum digunakan sebagai wadah minuman panas serta memiliki karakteristik

termal yang berbeda. Perbedaan sifat termal inilah yang diduga memengaruhi laju penurunan suhu air panas selama proses pendinginan berlangsung.

Selama pengujian, panas dari air akan berpindah menuju lingkungan melalui dinding wadah. Proses ini diawali dengan perpindahan panas dari air ke permukaan bagian dalam wadah, kemudian diteruskan melalui dinding material secara konduksi, dan selanjutnya dilepaskan ke udara sekitar melalui konveksi alami. Besarnya panas yang keluar dari sistem sangat dipengaruhi oleh kemampuan masing-masing material dalam menghantarkan panas.



Gambar 1. Wadah Stainless Steel

Material ini memiliki kemampuan menghantarkan panas yang relatif tinggi dibandingkan material non-logam. Dengan karakteristik tersebut, panas dari air dapat lebih cepat diteruskan ke permukaan luar wadah dan kemudian dilepaskan ke lingkungan. Kondisi ini menyebabkan suhu air di dalam wadah stainless steel cenderung turun lebih cepat dibandingkan material lainnya.



Gambar 2. Wadah Kaca

Berbeda dengan stainless steel, kaca memiliki kemampuan menghantarkan panas yang lebih rendah. Struktur kaca yang bersifat amorf membuat perpindahan panas di dalam material berlangsung lebih lambat. Akibatnya, panas yang tersimpan di dalam air tidak langsung berpindah ke lingkungan sehingga suhu air dapat bertahan lebih lama. Selain itu, kaca juga banyak digunakan sebagai wadah minuman karena tidak bereaksi dengan cairan yang disimpan di dalamnya.



Gambar 3. Wadah Keramik

Sementara itu, wadah keramik dikenal memiliki sifat isolasi panas yang cukup baik. Material ini tersusun dari partikel-partikel padat yang membentuk struktur dengan pori-pori

berukuran kecil. Keberadaan pori tersebut menyebabkan panas lebih sulit mengalir melalui dinding material. Oleh karena itu, keramik sering digunakan sebagai bahan dasar cangkir atau mug untuk minuman panas karena mampu mempertahankan temperatur minuman lebih lama dibandingkan material logam.

Berdasarkan karakteristik masing-masing material, secara teoritis wadah stainless steel diperkirakan memiliki laju penurunan suhu paling besar karena kemampuan penghantaran panasnya yang tinggi. Sebaliknya, wadah keramik diperkirakan memiliki laju penurunan suhu paling kecil karena memiliki hambatan termal yang lebih besar. Wadah kaca diperkirakan berada di antara kedua material tersebut. Dugaan ini kemudian dianalisis lebih lanjut melalui pengujian eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 1. Karakteristik Material Wadah

Material	Karakteristik Perpindahan Panas	Perkiraan Kemampuan Mempertahankan Suhu
Stainless Steel	Menghantarkan panas relatif cepat sehingga panas lebih mudah keluar ke lingkungan	Rendah
Kaca	Menghambat perpindahan panas lebih baik dibandingkan logam	Sedang
Keramik	Memiliki hambatan termal tinggi dan mampu mengurangi kehilangan panas	Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh material wadah terhadap laju penurunan suhu air panas. Pengujian dilakukan menggunakan tiga jenis wadah, yaitu stainless steel, kaca, dan keramik. Masing-masing wadah diisi air panas dengan suhu awal yang sama, yaitu 90°C, kemudian dilakukan pengukuran suhu setiap 5 menit selama 60 menit.

Secara umum, suhu air pada ketiga wadah mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu. Hal ini terjadi karena panas dari air terus berpindah ke lingkungan sekitar hingga suhu air semakin mendekati suhu lingkungan. Meskipun demikian, setiap material menunjukkan laju penurunan suhu yang berbeda.

1. Hasil Pengujian Temperatur Air

Hasil pengukuran temperatur air selama pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Temperatur Air

Waktu (Menit)	Stainless Steel (°C)	Kaca (°C)	Keramik (°C)
0	90	90	90
5	84	86	87
10	79	82	84
15	75	79	81
20	71	76	78
25	68	73	76
30	65	71	74
35	63	69	72
40	61	67	70
45	59	65	69
50	57	63	67
55	55	62	66
60	54	60	65

Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa suhu air pada wadah stainless steel mengalami penurunan paling besar dibandingkan dua material lainnya. Setelah 60 menit,

suhu air pada wadah stainless steel turun hingga 54°C. Sementara itu, suhu akhir pada wadah kaca mencapai 60°C dan pada wadah keramik mencapai 65°C.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa wadah keramik mampu mempertahankan suhu air lebih baik dibandingkan kaca dan stainless steel. Sebaliknya, stainless steel cenderung melepaskan panas lebih cepat sehingga suhu air turun lebih besar selama pengujian.

2. Analisis Laju Penurunan Suhu

Untuk melihat pengaruh material secara lebih jelas, dilakukan perhitungan laju pendinginan rata-rata pada masing-masing wadah. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Laju Pendinginan

Material	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Penurunan Suhu (°C)	Laju Pendinginan (°C/menit)
Stainless Steel	90	54	36	0,6
Kaca	90	60	30	0,5
Keramik	90	65	25	0,42

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa wadah stainless steel memiliki laju pendinginan terbesar, yaitu 0,60°C/menit. Wadah kaca memiliki laju pendinginan sebesar 0,50°C/menit, sedangkan wadah keramik memiliki laju pendinginan paling kecil, yaitu 0,42°C/menit.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa kemampuan setiap material dalam menghantarkan panas tidak sama. Material yang lebih mudah menghantarkan panas akan menyebabkan panas dari air lebih cepat berpindah ke lingkungan sehingga suhu air turun lebih cepat.

3. Pengaruh Material terhadap Perpindahan Panas

Perbedaan hasil yang diperoleh pada penelitian ini berkaitan dengan karakteristik termal masing-masing material. Stainless steel sebagai material logam memiliki kemampuan menghantarkan panas yang lebih baik dibandingkan kaca dan keramik. Akibatnya, panas dari air dapat dengan mudah berpindah melalui dinding wadah menuju lingkungan sekitar. Hal ini menyebabkan suhu air pada wadah stainless steel mengalami penurunan paling besar selama pengujian.

Pada wadah kaca, proses perpindahan panas berlangsung lebih lambat. Material kaca tidak menghantarkan panas secepat logam sehingga panas yang tersimpan di dalam air dapat bertahan lebih lama. Oleh karena itu, suhu akhir air pada wadah kaca masih lebih tinggi dibandingkan stainless steel.

Sementara itu, keramik menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan suhu air panas. Selama pengujian, penurunan suhu yang terjadi pada wadah keramik merupakan yang paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa keramik mampu menghambat perpindahan panas lebih baik dibandingkan dua material lainnya. Karakteristik tersebut membuat keramik banyak digunakan sebagai bahan dasar cangkir atau mug untuk minuman panas.

Selain dipengaruhi oleh material wadah, laju penurunan suhu juga dipengaruhi oleh selisih temperatur antara air dan lingkungan. Pada awal pengujian, perbedaan suhu masih cukup besar sehingga panas berpindah lebih cepat. Seiring berjalannya waktu, perbedaan suhu semakin kecil sehingga laju penurunan temperatur menjadi lebih lambat.

4. Perbandingan Kemampuan Material dalam Mempertahankan Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, kemampuan material dalam mempertahankan suhu air panas dapat diurutkan sebagai berikut:

Keramik > Kaca > Stainless Steel

Hasil tersebut menunjukkan bahwa keramik merupakan material yang paling efektif

dalam menjaga suhu air tetap tinggi selama pengujian. Kaca berada pada urutan kedua karena mampu menahan perpindahan panas lebih baik dibandingkan stainless steel. Sementara itu, stainless steel memiliki laju pelepasan panas yang lebih besar sehingga suhu air lebih cepat mengalami penurunan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan material wadah berpengaruh terhadap laju pendinginan air panas. Material dengan kemampuan menghantarkan panas yang lebih rendah cenderung lebih baik dalam mempertahankan suhu dibandingkan material yang memiliki kemampuan penghantaran panas lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa material wadah berpengaruh signifikan terhadap laju penurunan suhu air panas. Wadah stainless steel menunjukkan laju pendinginan tertinggi sebesar $0,60^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ karena memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Wadah kaca memiliki laju pendinginan sebesar $0,50^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, sedangkan wadah keramik memiliki laju pendinginan terendah sebesar $0,42^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keramik merupakan material yang paling efektif dalam mempertahankan temperatur air panas karena memiliki hambatan termal yang lebih besar dibandingkan material lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bejan, A. (2013). *Convection Heat Transfer*. John Wiley & Sons.
- Bergman, T.L., Lavine, A.S., Incropera, F.P., & Dewitt, D.P. (2018). *Introduction to Heat Transfer*. Wiley.
- Callister, W.D., & Rethwisch, D.G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley.
- Çengel, Y.A., & Ghajar, A.J. (2020). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications* (6th Edition). McGraw-Hill Education.
- Holman, J.P. (2010). *Heat Transfer* (10th Edition). McGraw-Hill.
- Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., & Lavine, A.S. (2017). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (8th Edition). John Wiley & Sons.
- Kingery, W. D., Bowen, H. K., & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to Ceramics* (2nd Edition). John Wiley & Sons.
- Shelby, J. E. (2005). *Introduction to Glass Science and Technology* (2nd Edition). The Royal Society of Chemistry.