

Pengaruh Suhu Awal Terhadap Pendinginan (Pembekuan) Fluida

Ratna Dwi Rahayu

^a Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu
*rdrcempaka@gmail.com

Diterima : 29-12-2025

Direview : 30-12-2025

- Diterbitkan : 31-12-2025

Intisari

Saat ini banyak produk makanan maupun minuman yang memanfaatkan proses pendinginan atau pembekuan. Es merupakan minuman yang selalu ada dimanapun dan kapanpun. Ketika musim kemarau kebutuhan es meningkat, sedangkan pembuatan es membutuhkan waktu yang tidak sebentar. Beberapa tahun silam ada ilmuwan yang menemukan bahwa air panas lebih cepat membeku. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu awal terhadap pendinginan (pembekuan) fluida. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa air dengan suhu tinggi 100°C lebih cepat membeku daripada air suhu rendah atau suhu ruang 27°C. Ternyata hal tersebut tidak berlaku pada minyak goreng, karena pada minyak goreng suhu rendah 27°C lebih cepat membeku daripada suhu 100°C. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa untuk air, semakin tinggi suhu awal mempercepat proses pembekuan. Sebaliknya untuk minyak goreng semakin tinggi suhu awal memperlambat proses pembekuan. Efek Mpemba hanya dapat terjadi pada air, tidak terjadi pada minyak goreng.

Kata Kunci : Efek Mpemba, Suhu, Pendinginan, Fluida

Abstract

Nowadays, many food and beverage products utilize cooling or freezing processes. Ice is a drink that is always available everywhere and at all times. During the dry season, the demand for ice increases, while making ice takes a long time. Several years ago, scientists discovered that hot water freezes faster. This research was conducted to determine the effect of initial temperature on fluid cooling (freezing). Based on the results, it was found that water at a high temperature of 100°C freezes faster than water at a low temperature or room temperature of 27°C. This did not apply to cooking oil, because cooking oil at a low temperature of 27°C froze faster than cooking oil at 100°C. Based on the results of the research, it can be concluded that for water, a higher initial temperature accelerates the freezing process. Conversely, for cooking oil, a higher initial temperature slows the freezing process. The Mpemba effect can only occur in water; it does not occur in cooking oil.

Keywords : Mpemba Effect, Temperature, Cooling, Fluid

1. Pendahuluan

Pada zaman yang modern saat ini segala teknologi sudah sangat canggih. Kebutuhan manusia seakan dimanjakan dengan berbagai kemudahan yang ditawarkan oleh berbagai jenis barang-barang elektronik, salah satu yang sering kita jumpai pada kebutuhan rumah tangga yaitu lemari es (kulkas). Benda tersebut bukanlah barang yang asing lagi karena hampir di setiap rumah memilikinya. Lemari es memiliki banyak sekali manfaat untuk kebutuhan rumah tangga sehari-hari. Selain untuk menyimpan sayur dan bahan makanan lemari es juga bermanfaat untuk membuat es, entah es batu atau berbagai macam jenis es yang lain. Pada musim kemarau lemari es menjadi sangat penting, karena konsumsi es meningkat pada musim ini. Bagi para pedagang es hal tersebut tentu sangat menguntungkan, namun terkadang stok menjadi terbatas karena es lebih cepat terjual. Kemudian untuk membuat es lagi dibutuhkan waktu yang tidak sebentar. Beberapa puluh tahun silam ada seorang ilmuwan yang menemukan bahwa air panas ternyata lebih cepat membeku. Hal tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu cara agar pembuatan es bisa dilakukan dengan waktu yang lebih cepat.

Menurut Vinnichenko, N., et.al. [1] hampir 50 tahun yang lalu seorang anak sekolah di Tanzania bernama Erasto Mpemba mencoba untuk membuat es krim dan dia memperoleh hasil yang luar biasa. Dia membuat dua es dengan volume yang sama tetapi dengan temperatur awal yang berbeda kemudian dimasukkan ke lemari es. Ia menyadari bahwa cairan dengan suhu awal yang lebih tinggi lebih cepat membeku. Namun ia belum mendapatkan penjelasan tentang peristiwa tersebut Balážovič, M. and Tomášik, B., [2] menyatakan bahwa Mpemba berulang kali meminta penjelasan dari gurunya, tetapi gurunya tetap bersikeras bahwa fenomena tersebut tidak bisa terjadi. Ia belum puas akan jawaban tersebut kemudian tetap aktif dalam mencari jawaban yang aktual. Dia melakukan observasi dan kegiatan menelitinya meskipun mendapat penolakan dan ejekan oleh teman-teman sekelasnya dan guru. Beberapa bulan kemudian, ia bertemu dengan Dr. Osborne, seorang guru fisika universitas yang dikunjungi SMA Mpemba itu. Mpemba mengambil kesempatan dan mengajukan pertanyaan yang tak terjawab itu. Dr Osborne tidak menolak dan memutuskan tidak menolak dan memutuskan untuk menjelajahnya di dalam laboratoriumnya.

Mpemba dan Osborne [3] mengulang melakukan penelitian atas penemuan tersebut dan memperoleh hasil yang sama yaitu jika dua sistem didinginkan, air yang dimulai panas dapat membekukan terlebih dahulu. Untuk menjelaskan Efek Mpemba tersebut ada beberapa alasan yang diajukan. Penjelasan pertama setelah penemuan kembali fenomena tersebut. Hal ini dibahas lebih detail oleh Kell, G. S. [4] pertama, massa air berkurang akibat penguapan. Air panas menguap lebih cepat daripada air dingin dan membawa pergi uap (air), sehingga mengurangi jumlah cairan yang didinginkan jadi penguapan lebih cepat terjadi oleh air dengan suhu tinggi. Karena waktu yang dibutuhkan untuk pembekuan adalah berbanding lurus dengan jumlah air, maka dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena ini. Relasi antara kecepatan penurunan suhu dan ukuran permukaan cairan ditangani Walker J. [5]. Penguapan diterapkan sebagai penyebab fenomena Mpemba dalam kasus dimana permukaan cairan besar. Kumar, K. [6] menyatakan bahwa proses pendinginan cairan hangat secara teratur digunakan dalam produksi es krim dan es minuman di India di abad 18.

Semua penelitian yang dilakukan menggunakan air sebagai sampel. Belum diketahui apakah Efek Mpemba tersebut dapat berlaku pada semua fluida ataukah hanya berlaku pada air saja.

2. Kerangka Teori

2.1. Efek Mpemba

Menurut Vinnichenko, N., et.al. (2014) hampir 50 tahun yang lalu seorang anak sekolah di Tanzania bernama Erasto Mpemba mencoba untuk membuat es krim dan dia memperoleh hasil yang luar biasa. Dia membuat dua es dengan volume yang sama tetapi dengan temperatur awal yang berbeda kemudian dimasukkan ke lemari es. Ia menyadari bahwa cairan dengan suhu awal yang lebih tinggi lebih cepat membeku. Namun ia belum mendapatkan penjelasan tentang peristiwa tersebut.

Mpemba dan Osborne (1969) mengulang penelitian atas penemuan Erasto Mpemba. Penelitian tersebut memperoleh hasil yang sama yaitu jika dua sistem didinginkan, air yang dimulai panas dapat membekukan terlebih dahulu. Untuk menjelaskan Efek Mpemba tersebut ada beberapa alasan yang diajukan. Penjelasan pertama setelah penemuan kembali fenomena tersebut. Hal ini dibahas lebih detail oleh G. P. Kell (1969). Pertama massa air berkurang akibat penguapan. Air panas menguap lebih cepat daripada air dingin dan membawa pergi uap (air), sehingga mengurangi jumlah cairan yang didinginkan jadi penguapan lebih cepat terjadi oleh air dengan suhu tinggi. Karena waktu yang dibutuhkan untuk pembekuan adalah berbanding lurus dengan jumlah air, maka dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena ini. Relasi antara kecepatan penurunan suhu dan ukuran permukaan cairan ditangani Walker, J. (1977). Penguapan diterapkan sebagai penyebab fenomena Mpemba dalam kasus dimana permukaan cairan besar. Alasan selanjutnya proses fenomena efek Mpemba diakibatkan oleh peristiwa konveksi. Ketika air suhunya tidak tetap atau seragam di seluruh bagiannya, air tersebut berputar-putar antara bagian panas dan dingin dapat berkontribusi untuk pendinginan lebih cepat. Kemudian larutan gas dan air panas memegang lebih sedikit jumlah gas terlarut daripada air dingin. Gas-gas ini

dapat mencegah konveksi atau mengubah suhu yang diperlukan untuk membekukan cairan.

2.2 Fluida

Fluida meliputi cairan yang mengalir di bawah pengaruh gravitasi sampai menempati daerah terendah yang mungkin dari penampungnya (Tipler, 1998). Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara terus-menerus bila terkena tegangan geser. Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (atau umumnya kemampuannya untuk mengambil bentuk dari wadah mereka). Sifat ini biasanya dikarenakan sebuah fungsi dari ketidakmampuan mereka mengadakan tegangan geser (*shear stress*) dalam ekuilibrium statik.

3. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Hasil yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara suhu awal sebelum pendinginan dan suhu akhir setelah pendinginan fluida. Fluida yang digunakan pada penelitian ini ada dua jenis yaitu air dan juga minyak goreng. Pada penelitian ini digunakan suhu awal yang berbeda-beda dimulai dengan suhu ruang 27°C sampai dengan 100 °C. Penelitian dilakukan dengan waktu (t) selama 30 menit dan volume 50 mL.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan menggunakan dua jenis fluida yang berbeda, yaitu air dan minyak goreng. Berikut ini merupakan foto hasil percobaan.



Gambar1. Foto Percobaan pada Air

Gambar 1 menunjukkan hasil percobaan dengan menggunakan air. Hasil percobaan menunjukkan air dengan suhu awal yang panas membeku terlebih dahulu.



Gambar 2. Foto Percobaan pada Minyak Goreng

Gambar 2 menunjukkan hasil percobaan dengan menggunakan minyak goreng. Hasil percobaan menunjukkan minyak goreng dengan suhu awal yang dingin membeku terlebih dahulu. Hal ini berkebalikan dengan

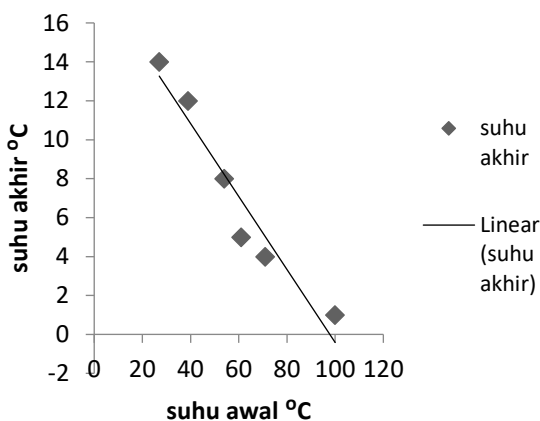
percobaan pendinginan pada air.

Hasil penelitian pengaruh suhu awal terhadap pendinginan (pembekuan) pada air dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Percobaan Pada Air

Jenis Fluida	Gelas ke-					
Air	1	2	3	4	5	6
Suhu Awal (°C)	27	39	54	61	71	100
Suhu Akhir (°C)	14	12	8	5	4	1

Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa air dengan suhu awal lebih tinggi semakin cepat membeku. Semakin kecil suhu awal penurunan suhu justru semakin besar dengan kata lain pembekuan semakin lambat. Hal ini menunjukkan bahwa efek Mpemba terjadi pada proses pendinginan (pembekuan) air.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Suhu Awal dan Suhu Akhir Pada Pendinginan Air

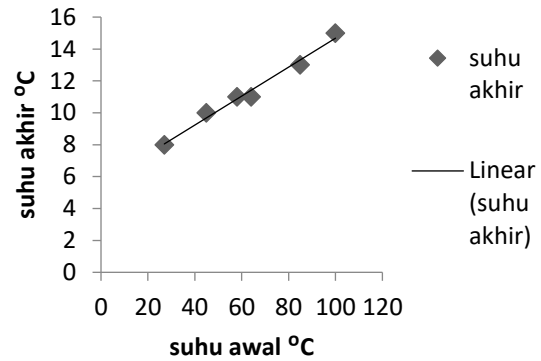
Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat grafik hubungan antara suhu awal dan suhu akhir. Secara umum grafik menunjukkan bahwa antara suhu awal dan suhu akhir linier, meskipun angka-angka pengukuran tidak secara tepat kilinierannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar suhu awal maka suhu akhir akan semakin kecil.

Tabel 2. Hasil Percobaan Pada Minyak Goreng

Jenis Fluida	Gelas ke-					
Minyak Goreng	1	2	3	4	5	6
Suhu Awal (°C)	27	45	58	64	85	100
Suhu Akhir (°C)	8	10	11	11	13	15

Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa minyak goreng dengan suhu awal yang lebih tinggi tidak lebih cepat membeku seperti yang terjadi pada air. Pada minyak goreng menunjukkan sebaliknya, minyak goreng dengan suhu awal rendah justru lebih cepat membeku. Semakin tinggi suhu awal suhu akhir yang dihasilkan semakin tinggi, dengan kata lain pembekuan semakin lambat. Jadi pada hal ini

menunjukkan bahwa Efek Mpemba tidak dapat terjadi pada minyak goreng.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Suhu Awal dan Suhu Akhir Pada Pendinginan Minyak Goreng

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat grafik hubungan antara suhu awal dan suhu akhir pada pendinginan minyak goreng. Secara umum grafik menunjukkan bahwa antara suhu awal dan suhu akhir linier, yaitu semakin besar suhu awal semakin kecil suhu akhir.

Efek Mpemba tidak dapat terjadi pada minyak goreng karena densitas atau massa jenis antara minyak goreng dan air berbeda. Minyak goreng memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada air, hal ini yang menyebabkan minyak goreng yang panas tidak dapat lebih cepat membeku terlebih dulu seperti yang terjadi pada air.

5. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk air, semakin tinggi suhu awal mempercepat proses pembekuan. Sebaliknya untuk minyak goreng semakin tinggi suhu awal memperlambat proses pembekuan. Efek Mpemba hanya dapat terjadi pada air, tidak terjadi pada minyak goreng.

Daftar Pustaka

- Vinnichenko, N., Plaksina, Y., Vikulin, V., and Uvarov, A. 2014. Mpemba Effect Revisited: Background Oriented Schlieren Measurements and Simplified Models. *Proceedings of the International Conference on Heat Transfer and Fluid Flo.* Prague, Czech Republic, August 11-12, 2014.
- Balázovič, M. and Tomášik, B. *Mpemba Effect, Shechtman's Quasicrystals and Students' Exploring Activities*
- Mpemba E.B., Osborne D.G. (1969). Cool? Phys. Educ., 4, 172-175.
- Kell G.S. (1969). The freezing of hot and cold water. Am. J. Phys., 37, 564-565
- Walker, J.: The Amateur Scientist: Hot water freezes faster than cold water. Why does it do so?. In: Scientific American, vol.37, 1977, No. 3, pp. 246-257.

Kumar, K.: Mpemba effect and 18th century ice-cream. In Physics Education, vol. 15, iss. 5, 1980