

PENGGUNAAN COACHLAB II⁺ DALAM MENENTUKAN KOEFISIEN KONVEKSI

Putri Ramadhanti¹⁾, Apit Fathurohman²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya

²⁾Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya

Abstrak: Percobaan ini bertujuan menentukan koefisien konveksi pada pendinginan air menggunakan *Coachlab II⁺* dan melihat pengaruhnya terhadap kapasitas kalor. Wadah yang dipakai dalam percobaan terdiri dari gelas kaca, gelas plastik, mangkuk styrofoam, dan cangkir stainless. Koefisien konveksi yang didapat adalah gelas kaca sebesar $39,98 Wm^{-2}K^{-1}$, gelas plastik sebesar $40,29 Wm^{-2}K^{-1}$, mangkuk styrofoam sebesar $34,63 Wm^{-2}K^{-1}$, dan cangkir stainless sebesar $49,45 Wm^{-2}K^{-1}$. Sedangkan nilai koefisien konveksi dari pengukuran berulang menggunakan wadah yang sama dengan suhu awal yang berbeda-beda, yaitu $75^{\circ}C$, $64,9^{\circ}C$, dan $55^{\circ}C$ secara berturut-turut adalah $49,45 Wm^{-2}K^{-1}$, $49,45 Wm^{-2}$, dan $39,56 Wm^{-2}K^{-1}$. Semakin mendekati suhu lingkungan, koefisien konveksinya semakin kecil. Koefisien konveksi yang didapatkan mengikuti sebuah fungsi peluruhan eksponensial.

Kata kunci: Koefisien konveksi, kapasitas kalor, sensor suhu Coachlab II⁺.

PENDAHULUAN

Perpindahan kalor akan terjadi pada dua buah benda yang memiliki suhu berbeda. Kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Mekanisme perpindahan kalor dapat terjadi dengan tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah proses perpindahan kalor jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Konveksi adalah proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lain. Pada radiasi, perpindahan kalor terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik. Peristiwa konveksi sering kita temukan di kehidupan sehari-hari, terutama pada peralatan rumah tangga. Sementara konduksi melibatkan molekul yang hanya bergerak dalam jarak yang kecil dan bertumbukan, konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jumlah yang besar. Arus konveksi yang dapat kita temukan misalnya pada sepanci air yang dipanaskan di atas kompor (Giancolli, 2001).

Perpindahan kalor ini dipelajari pada mata kuliah termodinamika. Termodinamika adalah suatu bidang ilmu yang mempelajari penyimpanan, transformasi dan perpindahan energi (Potter, 2011). Perpindahan kalor konveksi dipelajari pada bab usaha dan kalor.

Untuk mendapatkan nilai kalor konveksi, dibutuhkan koefisien konveksi. Biasanya nilai koefisien konveksi tersebut langsung ada pada soal tanpa dipelajari bagaimana cara mencarinya melalui percobaan langsung.

Pembelajaran termodinamika selalu dikaitkan dengan percobaan ilmiah. Percobaan ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat belajar dari pengalaman langsung. Percobaan untuk menganalisis perpindahan kalor secara konveksi biasanya dilakukan menggunakan metode konvensional. Pengukuran dan pengolahan data juga masih dilakukan secara manual menggunakan persamaan yang ada. Sehingga data yang didapat kurang akurat. Sedangkan dalam mendapatkan perhitungan perpindahan kalor konveksi, dibutuhkan perkiraan yang tepat untuk koefisien konveksi. Selain itu, percobaan juga dilakukan dalam waktu yang lama. Seiring perkembangan teknologi, percobaan sains sudah berbasis komputer. Pengolahan dan penampilan data diproses oleh komputer sehingga kita dapat segera mengetahui hasilnya dengan akurasi yang tinggi dibandingkan kita mengolah data secara konvensional.

Salah satu teknologi percobaan sains berbasis komputer yang ada adalah *Coachlab II⁺*. Alat ini merupakan sensor suhu yang dihubungkan ke perangkat komputer dengan menggunakan software, sehingga

pendeteksian suhu dan grafik yang terbentuk dapat langsung kita lihat pada perangkat komputer. Dengan menggunakan *CoachlabII⁺*. Kita dapat menganalisa grafik perubahan suhu terhadap waktu. Waktu yang diperlukan untuk mendeteksi suhu juga tidak lama, hanya dengan mendekatkan alat tersebut, kita bisa langsung mengetahui hasilnya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menentukan nilai koefisien konveksi. Menurut Putra (2005) semakin besar konsentrasi volume dari partikel nano maka akan mengakibatkan rasio peningkatan koefisien perpindahan kalor konveksi paksa semakin besar. Sedangkan menurut Rahayoe (2008) semakin tinggi suhu dan tekanan ruang pengering maka koefisien perpindahan panas konveksi cenderung meningkat. Dari percobaan yang telah dilakukan, kebanyakan mengukur nilai koefisien konveksi pada perhitungan dan pemodelan proses pengeringan, pengolahan makanan (misalnya penggorengan), pemasakan dengan manipulasi tekanan, hingga pada proses pemanasan atau pendinginan fluida pada mesin-mesin industri.

Pada mata kuliah termodinamika sendiri, untuk mendapatkan nilai koefisien konveksi dapat dilakukan dengan cara yang sederhana menggunakan peralatan yang biasa kita pakai dalam kehidupan sehari-hari, seperti gelas, cangkir, dan mangkuk mi. Fluida yang dipakai adalah air dan untuk pengukuran suhu dapat menggunakan *CoachlabII⁺*. Oleh karena itu, peneliti ingin menentukan koefisien perpindahan kalor konveksi pada penurunan air di beberapa wadah dengan menggunakan *CoachlabII⁺*.

METODE

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Gelas kaca
2. Gelas plastik
3. Cangkir stainless
4. Mangkuk styrofoam
5. Air
6. Penghangat air
7. Neraca

8. Komputer atau laptop dengan program *Coach6 Lite* yang telah tersedia

Prosedur Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.



(a)



(b)

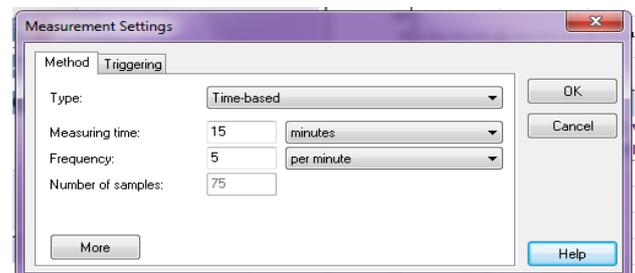
Gambar 1. (a) wadah yang dipakai dalam percobaan, (b) sensor suhu dan peralatan laptop yang diperlukan.

2. Hubungkan sensor suhu ke input 1 *CoachLab II⁺*.



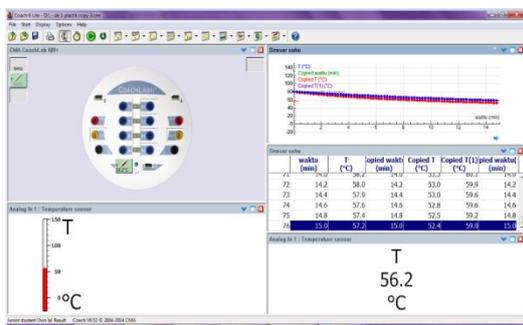
Gambar 2. Rangkaian menghubungkan perangkat laptop ke sensor suhu

3. Setel pengukuran.
untuk measuring time = 15 menit
frekuensi = 5 per menit



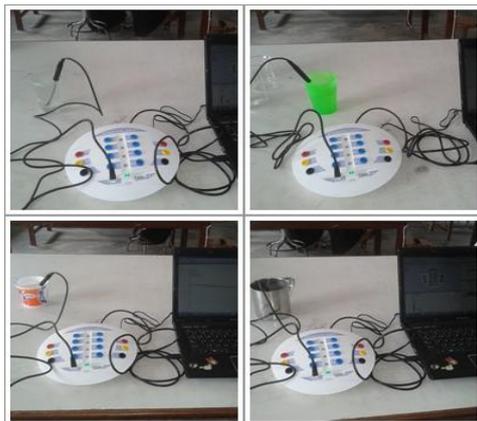
Gambar 3. Tampilan pengaturan untuk mengukur suhu

4. Tentukan suhu ruangan. Tahan sensor suhu dalam air dan baca nilai suhu yang diukur. Nilai sebenarnya yang terukur ditampilkan pada ikon sensor yang terdapat pada panel layar.
5. Isi wadah dengan air panas $T \sim 80^{\circ}\text{C}$ sebanyak 200 ml.
6. Masukkan sensor suhu kedalam wadah.
7. Mulai pengukuran dengan menekan tombol *Start* dan rekam suhu selama proses pendinginan.
8. Tunggu sampai 15 menit. Nilai suhu yang terukur ditampilkan pada layar.



Gambar 4. Tampilan hasil pengukuran suhu pada Coach6 Lite.

9. Perhatikan grafik yang terbentuk pada tampilan Coach6 Lite.
10. Lakukan langkah 1-6 untuk keempat wadah secara satu per satu.



Gambar 5. Pengukuran suhu untuk keempat wadah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Percobaan

Berdasarkan analisis data yang terlampir, didapat hasil seperti tabel berikut.

Tabel 1. Suhu yang terbaca pada percobaan

No	Bahan	T ruangan (°C)	T awal (°C)	T setelah 15 menit (°C)
1.	Gelas kaca	28	80	59,0
2.	Gelas plastik	28	80	57,2
3.	Mangkuk styrofoam	28	80	57,4
4.	Cangkir Stainless	28	80	52,4

Tabel 2. Nilai konstanta waktu panas dan koefisien konveksi dari percobaan

Bahan	τ (menit)	h_{indeks} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
1. Gelas kaca	29,4	$39,98 \pm 0,4$
2. Gelas plastik	26,3	$40,29 \pm 0,2$
3. Mangkuk styrofoam	26,3	$34,63 \pm 0,4$
4. Cangkir stainless	20	$49,45 \pm 0,2$

Tabel 3. Perbandingan Nilai Rata-Rata Pendinginan dengan Kapasitas Kalor

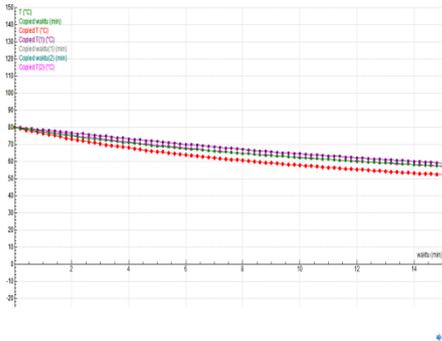
No	Bahan	Nilai Rata-Rata Pendinginan Selama 5 Menit (°C)	Kapasitas Kalor (J/K)
1.	Gelas kaca	0,324	137,172
2.	Gelas plastik	0,568	54,1
3.	Mangkuk styrofoam	0,42	9,66
4.	Cangkir stainless	0,428	5,59

Tabel 4. Wadah stainless dengan suhu yang bervariasi

No	Suhu awal (°C)	T air sebelum dipanaskan (°C)	T setelah 15 menit (°C)	h_{indeks} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
1.	75	34,6	52,7	$49,45 \pm 0,2$
2.	64,9	34,6	48,7	$49,45 \pm 0,2$

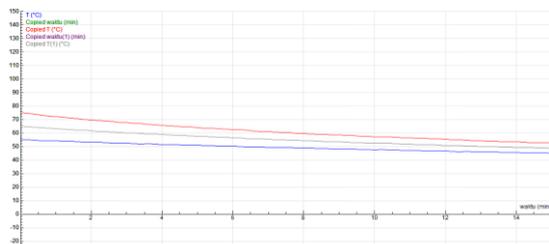
3. 55 34,6 45,1 $39,56 \pm 0,2$

Berdasarkan percobaan menggunakan keempat wadah tersebut, didapat grafik sebagai berikut.



Grafik 1. Penurunan suhu dari $t=0$ sampai $t=15$ menit untuk semua wadah. Merah: cangkir stainless, hijau: mangkuk styrofoam, pink: gelas plastik, dan ungu: gelas kaca.

Berdasarkan percobaan dengan tiga suhu awal yang berbeda, didapat grafik sebagai berikut.



Grafik 2. Penurunan suhu dari $t=0$ sampai $t=15$ menit

Pembahasan

Pengukuran suhu menggunakan *CoachlabII*⁺ dilakukan untuk menentukan koefisien konveksi pada penurunan suhu air yang ditinjau dari kapasitas kalor dengan luas permukaan yang berbeda-beda pada berbagai jenis bahan. Dari penggunaan alat tersebut didapatlah nilai suhu yang valid yang langsung terbaca pada tampilan software *Coach6 Lite*. Suhu yang didapatkan pada percobaan tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan hukum pendinginan Newton untuk mendapatkan nilai τ . Benda mencapai suhu yang sama dengan lingkungan mengikuti fungsi eksponensial yang

dihitung dengan konstanta waktu panas τ . Dari nilai τ inilah kemudian dimasukkan ke persamaan untuk mencari nilai koefisien konveksi.

Kurva yang ditunjukkan pada grafik digunakan untuk memperkirakan karakteristik waktu panas τ tiap bahan. Kurva berbentuk penurunan eksponensial, menunjukkan perubahan suhu yang sedikit demi sedikit, tetapi tidak akan mencapai nilai nol atau tidak akan berpotongan dengan sumbu x. Pada proses air mendingin tersebut, terlihat penurunan suhu yang berbeda pada berbagai bahan itu. Hal tersebut dikarenakan massa, kalor jenis, dan luas permukaan benda yang berbeda-beda. Nilai koefisien konveksi dari percobaan ini adalah gelas kaca sebesar $39,98 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, gelas plastik sebesar $40,29 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, mangkuk styrofoam sebesar $34,63 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, dan cangkir stainless sebesar $49,45 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Koefisien konveksi dari terbesar hingga terkecil adalah cangkir stainless, gelas plastik, gelas kaca, dan Styrofoam. Sedangkan nilai koefisien konveksi dari pengukuran berulang menggunakan wadah yang sama dengan suhu awal yang berbeda-beda, yaitu 75°C , $64,9^{\circ}\text{C}$, dan 55°C secara berturut-turut adalah $49,45 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, $49,45 \text{ Wm}^{-2}$, dan $39,56 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Semakin mendekati suhu lingkungan, koefisien konveksinya semakin kecil.

Pada saat kita menyeduh teh, kopi, atau menuangkan air panas ke dalam gelas, lama kelamaan air tersebut akan mendingin sampai suhunya sama dengan suhu lingkungannya untuk waktu yang tidak tentu. Benda mencapai suhu yang sama dengan lingkungan mengikuti fungsi peluruhan eksponensial. Dengan mengukur konstanta waktu panas, kita dapat menentukan koefisien perpindahan kalor konveksi yang merupakan konstanta karakteristik sistem konveksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang Penggunaan *CoachlabII*⁺ dalam Menentukan Koefisien Konveksi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran suhu untuk menentukan koefisien konveksi dapat memanfaatkan *CoachlabII*⁺ dengan baik.
2. Koefisien konveksi dari percobaan ini adalah gelas kaca sebesar $39,98 Wm^{-2}K^{-1}$, gelas plastik sebesar $40,29 Wm^{-2}K^{-1}$, mangkuk styrofoam sebesar $34,63 Wm^{-2}K^{-1}$, dan cangkir stainless sebesar $49,45 Wm^{-2}K^{-1}$.
3. Nilai koefisien konveksi dari pengukuran berulang menggunakan wadah yang sama dengan suhu awal yang berbeda-beda, yaitu $75^{\circ}C$, $64,9^{\circ}C$, dan $55^{\circ}C$ secara berturut-turut adalah $49,45 Wm^{-2}K^{-1}$, $49,45 Wm^{-2}$, dan $39,56 Wm^{-2}K^{-1}$. Semakin mendekati suhu lingkungan, nilai koefisien konveksinya semakin kecil.
4. Pada proses air mendingin, kurva yang dihasilkan menunjukkan bentuk penurunan eksponensial, yang berarti perubahan suhu yang sedikit demi sedikit, tetapi tidak akan mencapai nilai nol atau tidak akan berpotongan dengan sumbu x.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuba, Chairil Chaidir. 2008. *Proses pembuatan dan analisa literature*. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Bengston, Harlan. 2010. Convection Heat Transfer Coefficient Estimation. *A suncame online continuing education course*.
- Conti, Rosaria. 2014. *Measurement of the convective heat-transfer coefficient*. Italy.
- Giancolli, Douglas C. 2001. *FISIKA Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Ida Ayu. 2009. Model Perubahan Serapan Minyak pada Kentang Selama Penggorengan. *Jurnal Agrotekno* **15** (2), 49-52.
- Lienhard, John H. 2008. *A Heat Transfer Textbook Third Edition*. Cambridge : Phlogiston Press.
- Panduan sensor suhu *Coachlab II*⁺. 2013. (<http://cmascience.nl/english/hardware/006plus.html>) (Diakses pada 1 Maret 2014 pukul 4.33 WIB)
- Putra. 2005. Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Air bersuspensi Nano Partikel (Al_2O_3) pada *Fintube Heat Exchanger*. *Jurnal Teknologi* **2**, 116-125.
- Potter, Merle C. 2011. *Termodinamika Teknik Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga.
- Rahayoe, Sri. 2008. Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Pengeringan Daun Sambiloto Menggunakan Pengering Hampa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian UGM*.
- Serway, RA. & J.W. Jewett, Jr. 2010. Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Keenam. Jakarta : Salemba Teknika.
- Silverman, Mark P. 2000. Cool in the Kitchen : Radiaton, conduction, and the Newton "Hot Block" Experiment. *The Physics Teacher* **38**.
- Wicaksono, Arief Wahyu. 2012. Pengaruh Indeks Global Terhadap Fluktuasi Indeks Harga Saham Gabungan (Ihsg) Menggunakan Hukum Pendinginan Newton. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Universitas Sebelas Maret*