

Kegiatan Pembelajaran 3

A. ORIENTASI MASALAH (*MEANINGFUL LEARNING*)

Pada industri pengolahan susu tradisional, *pasteurisasi* dilakukan dengan mencampurkan susu segar dingin langsung dari ruang penyimpanan bersuhu 4°C dengan air panas bersuhu 90°C dalam bejana khusus (kalorimeter industri) untuk mencapai suhu pasteurisasi tepat 63°C. Di saat yang sama, para insinyur pabrik harus merancang dinding wadah pencampur tersebut agar tidak membuang panas ke lingkungan sekitar. Mereka dihadapkan pada dua tantangan utama: pertama, menghitung dengan presisi volume air panas yang dibutuhkan agar karakteristik protein susu tidak rusak akibat suhu campuran yang meleset; kedua, memilih material dinding bejana yang mampu meminimalkan laju kehilangan energi, baik melalui aliran partikel udara maupun pancaran radiasi termal lingkungan. Fenomena ini menuntut pemahaman mendalam mengenai hukum kekekalan energi kalor serta laju mekanis perpindahannya.

Memahami masalah

Berdasarkan deskripsi kontekstual di atas, lakukan identifikasi parameter fisis secara mandiri:

1. Identifikasi Fakta
   Berdasarkan prinsip pertukaran energi, variabel fisis apa saja yang menentukan tercapainya suhu pasteurisasi tepat 63°C ketika dua zat dengan suhu berbeda dicampurkan?

2. Rumusan Masalah
   Sebutkan dan jelaskan secara singkat tiga gejala fisis perpindahan panas yang harus diantisipasi oleh insinyur agar suhu di dalam wadah tetap konstan!

LIVEWORKSHEETS

B. KONSTRUKSI KONSEPTUAL (UNDERSTANDING)

Untuk menyelesaikan permasalahan optimasi termal di atas, kita wajib mengonstruksi pemahaman fisis mengenai Asas Black serta tiga mekanisme utama perpindahan kalor.

1. Asas Black (Hukum Kekekalan Energi Termal)

   Asas Black menyatakan bahwa dalam suatu sistem tertutup yang terisolasi secara ideal, jumlah kalor yang dilepaskan oleh benda bersuhu tinggi (Q_{lepas}) sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh benda bersuhu lebih rendah (Q_{terima}). Secara matematis dituliskan:

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$
$$m_1 c_1 (T_1 - T_c) = m_2 c_2 (T_c - T_2)$$

   Keterangan:

   m_1 = massa benda pertama (kg)
   c_1 = kalor jenis benda pertama (J/kg°C)
   T_1 = suhu awal benda panas (°C)
   m_2 = massa benda kedua (kg)
   c_2 = kalor jenis benda kedua (J/kg°C)
   T_2 = suhu awal benda dingin (°C)
   T_c = suhu kesetimbangan termal/ suhu campuran (°C)



2. Tiga Mekanisme Perpindahan Kalor

   Kalor berpindah dari satu sistem ke sistem lain melalui tiga cara mekanis yang berbeda berdasarkan keterlibatan partikel mediumnya:

   a. Konduksi

      Perpindahan kalor melalui medium padat tanpa disertai perpindahan permanen atom/molekul medium tersebut. Perpindahan energi terjadi lewat getaran kisi kristal dan tabrakan elektron bebas.

      Laju Konduksi (H):

$$H = \frac{Q}{t} = k\left(\frac{A\Delta T}{\Delta x}\right) = k\frac{A\left(T_{panas} - T_{dingin}\right)}{\Delta x}$$

      Keterangan:

      H = laju kalor konduksi (W) atau (J/s)

      A = luas permukaan (m^2)

      k = konduktivitas termal bahan ($Wm^{-1}K^{-1}$)

      Δx = tebal bahan (m)

      T = suhu (°C atau K)

LIVEWORKSHEETS



b. Konveksi

Perpindahan kalor yang terjadi pada fluida (cair/gas) yang disertai dengan perpindahan fisik partikel medium akibat adanya perbedaan massa jenis (densitas) lokal karena pemanasan.

Laju Konveksi (H):

$$H = \frac{Q}{t} = hA\Delta T$$

Keterangan:

H = laju kalor konveksi (W) atau (J/s)

A = luas permukaan (m^2)

h = koefisien konveksi ($Wm^{-2}K^{-1}$)

ΔT = beda suhu antara benda dan fluida (°C atau K)



c. Radiasi

Perpindahan energi termal dalam bentuk gelombang elektromagnetik (inframerah) yang dapat merambat melewati ruang hampa udara tanpa membutuhkan medium perantara sama sekali.

Laju Radiasi (P):

$$H = \frac{Q}{t} = eA\sigma T^4$$

Keterangan:

H = laju kalor radiasi (W) atau (J/s)

A = luas permukaan (m^2)

e = emisivitas benda ($0 \leq e \leq 1$)

T = suhu mutlak (K)

σ = konstanta Stefan-Boltzman ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W $m^{-2}K^{-4}$)



LIVEWORKSHEETS

JOYFUL LEARNING SPOT

Eksperimen Mandiri: Deteksi Laju Konduksi Relatif Komponen Domestik

Tujuan: Mengamati secara kualitatif perbedaan kemampuan konduktivitas termal berbagai material di sekitar kita.

Alat dan Bahan: Air panas secukupnya, sebuah gelas kaca, sebatang sendok logam (stainless steel), sebatang sendok plastik, dan sebatang sendok kayu/sumpit kayu dengan panjang setara.

Prosedur Aktivitas:

1. Masukkan sendok logam, sendok plastik, dan sendok kayu secara bersamaan ke dalam wadah gelas kosong.
2. Tuangkan air panas (hati-hati dalam penanganan) ke dalam gelas hingga setengah tinggi sendok terendam.
3. Sentuh ujung bagian atas dari masing-masing sendok secara bergantian setelah 3 menit. Rasakan sensasi kenaikan suhu pada ujung jari Anda secara sadar dan objektif.

Tabel Hasil Analisis Sensorik Mandiri:

Nama Material Sendok	Tingkat Kehangatan Ujung (Sangat Panas/Hangat/Dingin)	Klasifikasi Fisis Bahan (Konduktor Kuat/Isolator
Logam		
Plastik		
Kayu		

LIVEWORKSHEETS

C. APLIKASI PEMECAHAN MASALAH (*MINDFUL LEARNING*)

Tantangan HOTS (High-Order Thinking Skills) Termoregulasi Industri Pangan

Dalam proses pembuatan produk susu, seorang teknisi mencampurkan 0,5 kg susu cair bersuhu awal 10°C dengan 1 kg air murni bersuhu 80°C di dalam sebuah bejana aluminium. Bejana aluminium bermassa 0,2 kg dan kalor jenis aluminium 900 J/kg°C. Kalor jenis susu adalah 3.800 J/kg°C, sedangkan kalor jenis air adalah 4.200 (J/kg°C). Sebelum proses pencampuran dilakukan, bejana aluminium telah berada dalam kesetimbangan termal dengan air sehingga suhu awal bejana sama dengan suhu air, yaitu 80°C.

Pertanyaan: Berapakah suhu akhir kesetimbangan termal (T_c) dari sistem campuran tersebut dengan asumsi tidak ada interaksi kalor eksternal yang bocor keluar dari sistem wadah bejana?

Merencanakan Penyelesaian

Tuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan dari permasalahan tersebut.

Melaksanakan Rencana

Berdasarkan informasi yang telah diketahui, tentukan prinsip fisika yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Melihat Kembali

Periksa Kembali hasil perhitungan yang telah diperoleh dan tuliskan Kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan.

AYO KUMPULKAN

UNGGAH JAWABAN DISINI !!!

LIVEWORKSHEETS

D. EVALUASI DAN REFLEKSI (*JOYFUL LEARNING*)

Kerjakan soal-soal penalaran analitis berikut dengan menuliskan argumen fisis ilmiah dan matematis yang valid.

Soal 1 (Analisis Dinamika Laju Konduksi Bahan):

Dua batang logam berukuran panjang dan luas penampang sama disambungkan secara seri pada ujungnya. Batang pertama adalah tembaga memiliki konduktivitas termal 400 W/mK dan ujung bebasnya dijaga pada suhu 100°C. Batang kedua adalah baja memiliki konduktivitas termal 50 W/mK dan ujung bebasnya dijaga pada suhu 20°C. Hitunglah suhu tepat pada sambungan persinggungan kedua logam tersebut saat kondisi aliran panas mencapai keadaan mantap (*steady state*)!

AYO KUMPULKAN

UNGGAH JAWABAN DISINI !!!

Soal 2 (Fenomena Konveksi dan Radiasi Kontekstual):

Petugas pemadam kebakaran menggunakan pakaian pelindung khusus yang memiliki lapisan luar berbahan aluminium mengilap. Lapisan tersebut dirancang untuk membantu melindungi tubuh dari paparan panas lingkungan, terutama radiasi termal dari api. Selain itu, pakaian pelindung juga dilengkapi lapisan isolasi yang dapat menghambat perpindahan kalor menuju tubuh. Mengapa permukaan aluminium yang mengilap dapat membantu mengurangi perpindahan kalor secara radiasi menuju tubuh petugas pemadam kebakaran? Jelaskan hubungan antara reflektivitas dan emisivitas permukaan bahan!

AYO KUMPULKAN

UNGGAH JAWABAN DISINI !!!

LIVEWORKSHEETS

REFLEKSI

No.	Pertanyaan Refleksi Kognitif	Tanggapan
1.	Konsep fisis apa yang paling menantang bagi Anda untuk divisualisasikan antara mekanisme perpindahan konveksi partikel dan radiasi gelombang? Mengapa?	
2.	Bagaimana Anda dapat memanfaatkan pemahaman tentang konduktivitas termal (k) material ini untuk menghemat konsumsi energi listrik di rumah?	
3.	Apakah tahapan pemecahan masalah Polya membantumu menyelesaikan permasalahan fisika secara lebih sistematis? Jelaskan pengalamanmu ketika mengerjakan soal Asas Black dan perpindahan kalor.	

LIVEWORKSHEETS