

6. KALORIMETER

1. Tujuan

1. Menentukan kapasitas kalor kalorimeter.
2. Menentukan kalor jenis zat padat.
3. Menentukan kalor lebur es.

2. Alat dan Bahan

- | | |
|---|--------|
| 1. Neraca [Ohaus, triple beam, 311 gram, 0,01 gram] | 1 buah |
| 2. Kalorimeter [bejana, pengaduk, tutup dan jaket] | 1 buah |
| 3. Termometer [-10 - 0 – 100] °C | 2 buah |
| 5. Becker glass 600 ml | 1 buah |
| 6. Pemanas bunsen | 1 buah |
| 7. Kasa | 1 buah |
| 8. Lup | 1 buah |
| 9. Statip dengan batangnya dan penjepit | 1 set |
| 10. Gelas Staenless dengan penutup | 1 buah |
| 11. Benang untuk mengikat secukupnya. | |
| 12. bahan-bahan [zat padat, air dan es] | |
| 13. Lap Meja | 1 buah |

3. Teori Dasar

Bila dua buah benda yang suhunya berbeda digabungkan, maka akan terjadi perpindahan kalor dari benda yang bersuhu lebih tinggi kepada benda yang bersuhu lebih rendah. Menurut azas Black, *jumlah kalor yang dilepaskan oleh benda yang bersuhu lebih tinggi kepada benda yang bersuhu lebih rendah sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh benda yang bersuhu lebih rendah dari benda yang bersuhu lebih tinggi tersebut.*

$$Q_i = Q_o \quad \dots\dots\dots(6.1)$$

Dengan;

Q_i : jumlah kalor yang dilepas oleh benda yang bertemperatur lebih tinggi

Q_o : jumlah kalor yang diterima oleh benda yang bertemperatur lebih rendah.

Bila kalor yang diserap atau dilepaskan oleh sebuah benda hanya menyebabkan perubahan suhu benda itu, maka jumlah kalor tersebut adalah

$$Q = m.c.\Delta t \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

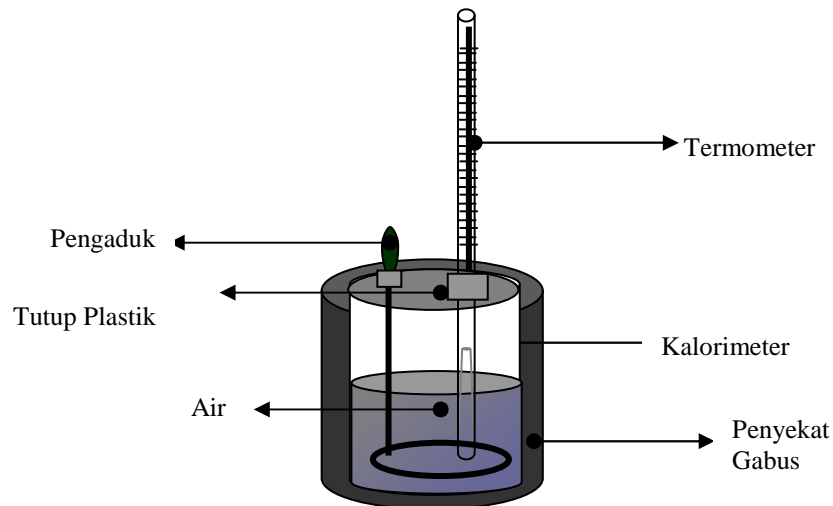
dengan : Q = jumlah kalor (kalori)

m = massa benda (gram)
 c = kalor jenis (kalori/gr . $^{\circ}\text{C}$)
 Δt = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Bila kalor yang diserap atau dilepaskan oleh sebuah benda hanya menyebabkan perubahan wujud benda itu, maka jumlah kalor itu adalah

$$Q = m \cdot L \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

dengan L (kalori/gram) adalah kalor laten perubahan wujud tersebut.



Gambar 6.1.
Penampang irisan vertikal kalorimeter.

Dengan menggunakan sebuah kalorimeter yang dicari terlebih dahulu kapasitas kalornya, dalam percobaan ini akan ditentukan kalor jenis kalor zat padat dan kalor lebur es.

4. Prosedur

Percobaan 1: Menentukan Kapasitas Kalor Kalorimeter

1. Ukur dan catat massa kalorimeter beserta pengaduknya (catat sebagai m_1). Perhatikan ketika setiap akan melakukan pengukuran, teliti harga skala nol pada alat ukur yang akan dipergunakan.
2. Isi 1/3 volume kalorimeter dengan air, ukur dan catat massa kalorimeter dengan air (catat sebagai m_2) serta suhu kalorimeter beserta air didalamnya (catat sebagai t_d).
3. Isi gelas stainless dengan air sekitar 1/3 volumenya, panaskan air tersebut hingga suhu di atas 75°C , catat suhu air panas sebagai t_p .
4. Dengan menggunakan pemegang gelas stainless masukkan air panas ke dalam kalorimeter berisi air tadi dengan cepat dan hati-hati.

5. Aduk pelan-pelan dan perhatikan kenaikan suhu pada kalorimeter, jika dalam waktu yang relatif lama tidak terdapat kenaikan suhu, catat suhu dalam keadaan ini (yang kita namakan sebagai suhu keseimbangan t_s).
6. Ukur dan catat massa kalorimeter beserta isinya (catat sebagai m_3).
7. Ulangi langkah 1 hingga 6 sebanyak 3 kali!
8. Bersihkan semua alat yang telah digunakan!

Percobaan 2: Menentukan Kalor Jenis Zat Padat

1. Ukur dan catat massa kalorimeter beserta pengaduknya (catat sebagai m_1). Perhatikan ketika setiap akan melakukan pengukuran, teliti harga skala nol pada alat ukur yang akan dipergunakan.
2. Isi 1/3 volume kalorimeter dengan air, ukur dan catat massa kalorimeter dengan air (catat sebagai m_2) serta suhu kalorimeter beserta air didalamnya (catat sebagai t_d).
3. Masukkan zat padat ke dalam gelas stainless yang berisi air lalu panaskan sampai suhunya di atas 70^0 C. Ukur dan catat suhu zat padat tersebut (catat sebagai t_p).
4. Dengan menggunakan benang yang sudah diikatkan pada zat padat, pindahkanlah zat padat tersebut secara cepat dan hati-hati ke dalam kalorimeter yang berisi air tadi, lalu aduk perlahan-lahan dan catat suhu kesetimbangannya (t_s).
5. Ukur dan catat massa kalorimeter beserta isinya (m_3)
6. Ulangi langkah 1 hingga 5 sebanyak 3 kali!
7. Bersihkan semua alat yang telah dipergunakan.

Percobaan 3: Menentukan Kalor Lebur Es

1. Ukur dan catat massa kalorimeter beserta pengaduknya (catat sebagai m_1). Perhatikan ketika setiap akan melakukan pengukuran, teliti harga skala nol pada alat ukur yang akan dipergunakan.
2. Isi kalorimeter dengan air sekitar 150 ml, ukur dan catat massa kalorimeter dengan air (catat sebagai m_2) serta suhu kalorimeter beserta air didalamnya (catat sebagai t_a).
3. Ambil potongan es, ukur suhunya dan masukkan ke dalam kalorimeter. Aduk pelan-pelan sampai semua es melebur dan sistem mencapai suhu kesetimbangannya, lalu catat suhu kesetimbangannya (t_s).

4. Ukur dan catat massa kalorimeter itu beserta isinya (catat sebagai m_3).
5. Ulangi langkah 1 hingga 4 sebanyak 3 kali!
6. Bersihkan semua alat yang telah dipergunakan.

5. Tugas

Tugas Sebelum Percobaan

1. Kentang yang dibungkus dengan aluminium foil dipanggang dalam oven, kentang dikeluarkan kemudian dipisahkan dari aluminium foil. Aluminium foil lebih cepat dingin dibandingkan dengan kentang, mengapa demikian?
2. Dengan memperhatikan prosedur percobaan 1, Rumuskan persamaan untuk menentukan harga kapasitas kalor kalorimeter!
3. Dengan memperhatikan prosedur percobaan 2, tentukan persamaan untuk menentukan nilai kalor jenis logam!
4. Prediksikan harga t setimbang! Jika $m_1 = 100$ gr, $m_2 = 150$ gr, $t_d = 25^\circ\text{C}$, $t_p = 75^\circ\text{C}$ dan $m_3 = 200$ gr, untuk kalorimeter yang terbuat dari tembaga.
5. Berdasarkan prosedur 3, informasi apa saja yang dapat anda peroleh untuk menghitung kalor lebur es? bagaimanakah caranya anda menentukan harga kalor lebur es tersebut?
6. Berdasarkan pemahaman prosedur buatlah tabel data pengamatan dan tuliskan teori pengolahan data yang akan Anda gunakan!
7. Dua buah bejana yang sama masing-masing memanaskan air sebanyak 2 kg hingga suhunya 70°C . Pada bejana pertama dimasukan lempeng aluminium, dan bejana kedua dimasukan lempeng tembaga yang massanya sama 1 kg dan suhunya 25°C . Manakah dari kedua air dalam bejana tersebut yang suhu setimbangnya lebih besar? mengapa demikian? (kalor jenis Al = $0,900$ kJ/kg $^\circ\text{C}$ dan Kalor jenis Cu = $0,386$ kJ/kg $^\circ\text{C}$)
8. Berdasarkan pemahaman prosedur, rancanglah pengolahan data yang akan anda lakukan

Tugas Setelah Percobaan

1. Berdasarkan data percobaan pertama, hitung kapasitas kalor kalorimeter yang dipergunakan!
2. Dengan hasil yang diperoleh (pada soal a), dari bahan apakah kalorimeter itu dibuat!
3. Berdasarkan data percobaan kedua dan harga kapasitas panas kalorimeter (dari percobaan pertama), hitunglah kalor jenis zat padat yang anda selidiki!
4. Dengan hasil yang anda peroleh (pada soal b), terbuat dari bahan apakah zat padat yang telah anda selidiki!
5. Berdasarkan data percobaan ketiga dan harga kapasitas panas kalorimeter (percobaan pertama), hitunglah kalor lebur es!.

6. Daftar Pustaka

Halliday & Resnick, 1978, Fisika, Edisi ketiga, jilid 1 (Terjemahan Pantur Silaban Ph.D), hal 723-733, Erlangga, Jakarta.

7. Jawaban Tugas Awal

1. Kentang yang di bungkus oleh aluminium foil di panggang dalam oven, kentang di keluarkan dan dilepas. Aluminium foil menjadi lebih cepat dingin di bandingkan dengan kentang. Hal ini berhubungan dengan kapasitas panas dari aluminium foil itu sendiri. Kapasitas panas aluminium foil lebih kecil di bandingkan dengan kapasitas panas kentang. Maka dari itu, energi panas yang dibutuhkan aluminium untuk menaikkan suhu satu derajat tidak membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan kentang sendiri membutuhkan energi panas dengan waktu yang lebih lama dari aluminium untuk menaikkan suhu satu derajat.
2. persamaan untuk menentukan harga kapasitas kalor kalorimeter!

$$Q_{terima} = Q_{lepas}$$

$$Q_{kal} + Q_{air} = Q_{panas}$$

$$C \cdot \Delta t + m \cdot c_{air} \cdot \Delta t = m \cdot c_{panas} \cdot \Delta t$$

$$C(t_s - t_d) + (m_2 - m_1) \cdot c_{air} \cdot (t_s - t_d) = (m_3 - m_2) \cdot c_{panas} \cdot (t_p - t_s)$$

$$C = \frac{(m_3 - m_2) \cdot c_{panas} \cdot (t_p - t_s) - (m_2 - m_1) \cdot c_{air} \cdot (t_s - t_d)}{(t_s - t_d)}$$

3. persamaan untuk menentukan nilai kalor jenis logam!

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$Q_{\text{kal}} + Q_{\text{air}} = Q_{\text{logam}}$$

$$C \cdot \Delta t + m \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta t = m \cdot c_{\text{logam}} \cdot \Delta t$$

$$C(t_s - t_d) + (m_2 - m_1) \cdot c_{\text{air}} \cdot (t_s - t_d) = (m_3 - m_2) \cdot c_{\text{logam}} \cdot (t_p - t_s)$$

$$c_{\text{logam}} = \frac{C(t_s - t_d) + (m_2 - m_1) \cdot c_{\text{air}} \cdot (t_s - t_d)}{(m_3 - m_2) \cdot (t_p - t_s)}$$

4. Dik : $m_1 = 100 \text{ gr} = 0,1 \text{ kg}$
 $m_2 = 150 \text{ gr} = 0,15 \text{ kg}$
 $t_d = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$
 $t_p = 75^\circ\text{C} = 348 \text{ K}$
 $m_3 = 200 \text{ gr} = 0,2 \text{ kg}$
 $c_{\text{tembaga}} = 0,386 \text{ kJ/kg K}$

Dit : t_s , suhu setimbang?

Jawab :

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$Q_{\text{air panas}} = Q_{\text{kalorimeter}} + Q_{\text{air}}$$

$$m \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta t = m_1 \cdot c_{\text{tembaga}} \cdot \Delta t + m \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta t$$

$$(m_3 - m_2) \cdot c_{\text{air}} \cdot (t_p - t_s) = C \cdot (t_s - t_d) + (m_2 - m_1) \cdot c_{\text{air}} \cdot (t_s - t_d)$$

$$C = \frac{c_{\text{air}} [(m_3 - m_2)(t_p - t_s) - (m_2 - m_1)(t_s - t_d)]}{t_s - t_d}$$

$$0,0386t_s - 11,503 = 4,18(0,05(348 - t_s) - 0,05(t_s - 298))$$

$$t_s = 47,887^\circ\text{C}$$

5. Berdasarkan informasi prosedur percobaan 3, dapat diperoleh informasi sebagai berikut :

- m_1 = massa kalorimeter beserta pengaduknya
- m_2 = massa kalorimeter beserta air
- m_3 = massa kalorimeter beserta isinya (massa akhir)
- t_a = suhu kalorimeter beserta air
- t_s = suhu kesetimbangan
- t_{es} = suhu es

Agar harga kalor lebur es dapat di tentukan, kita harus mengingat kembali azas Black.

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$(m_3 - m_2)L = (m_2 - m_1)c_{\text{air}}(t_a - t_s) - m_1c_{\text{Kalorimeter}}(t_a - t_s)$$

$$L = \frac{[(m_2 - m_1)c_{air} - m_1 c_{Kalorimeter}](t_a - t_s)}{(m_3 - m_2)}$$

6. Tabel data percobaan 1 : mencari kapasitas panas kalorimeter

No.	$M_1 \pm$	$M_2 \pm$	$M_3 \pm$	$T_p \pm$	$t_d \pm$	$T_s \pm$
1						
2						
3						

Tabel data percobaan 2 : mencari kalor jenis zat padat

No.	$M_1 \pm$	$M_2 \pm$	$M_3 \pm$	$T_p \pm$	$t_d \pm$	$T_s \pm$
1						
2						
3						

Tabel data percobaan 3 : mencari kslor lebur es

No.	$M_1 \pm$	$M_2 \pm$	$M_3 \pm$	$T_p \pm$	$t_d \pm$	$T_{es} \pm$
1						
2						
3						

Teori mengolah data yang akan di gunakan adalah teori statistika. Melalui teori ini, kita dapat mencari besar penyimpangan kesalahan dengan menggunakan rumus simpangan baku.

7. Dik : $m_{air} = 2 \text{ kg}$

$$m_{logam} = 1 \text{ kg}$$

$$t_p = 70^\circ\text{C}$$

$$t_a = 25^\circ\text{C}$$

$$m_3 = 200 \text{ gr} = 0,2 \text{ kg}$$

$$c_{tembaga} = 0,386 \text{ kJ/kg K}$$

$$c_{aluminium} = 0,900 \text{ kJ/kg K}$$

Dit : t_s , suhu setimbang?

Jawab :

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

$$m_{air}c_{air} \cdot \Delta t = m_l c_l \cdot \Delta t$$

$$m_{air}c_{air}(70 - t_s) = m_l c_l (t_s - 25)$$

$$70 m_{air}c_{air} - t_s m_{air}c_{air} = m_l c_l t_s - 25 m_l c_l$$

$$70 m_{air}c_{air} + 25 m_l c_l = t_s (m_l c_l + m_{air}c_{air})$$

$$t_s = \frac{70 m_{air}c_{air} + 25 m_l c_l}{m_l c_l + m_{air}c_{air}}$$

Untuk aluminium

$$t_s = \frac{70.2.4200 + 25.1.900}{2.4200 + 1.900}$$

$$t_s = 65,64^{\circ}C$$

Untuk tembaga

$$t_s = \frac{70.2.4200 + 25.1.386}{2.4200 + 1.386}$$

$$t_s = 68,02^{\circ}C$$

8. Table pengolahan Data

Percobaan 1

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	td ± 0.5 °C	tp ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	m3- m2 (gr)	m2- m1 (gr)	tp- ts (°C)	ts- td (°C)	(m3- m2)(tp- ts) (gr °C)	(m2- m1)(ts- td) (gr °C)	c kal (kal/gr °C)	Ckal (kal/mol °C)
Rata-rata														

Percobaan 2

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	td ± 0.5 °C	tp ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	m3- m2 (gr)	m2- m1 (gr)	tp-ts (°C)	ts-td (°C)	(m3- m2)(tp- ts) (gr °C)	c zat padat (kal/gr°C)
Rata-rata												

Percobaan 3

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	ta ± 0.5 °C	tes ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	m2- m1 (gr)	m3- m2 (gr)	ts - tes	ta-ts (°C)	Les (kal/gr)
Rata-rata											

8. Tabel Pengolahan Data Eksperimen 1

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	td ± 0.5 °C	tp ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	m3-m2 (gr)	m2-m1 (gr)	tp-ts (°C)	ts-td (°C)	(m3-m2)(tp-ts) (gr °C)	(m2-m1)(ts-td) (gr °C)	c kal (kal/gr °C)	Ckal (kal/mol °C)
1	111,500	209,700	341,600	27,000	83,000	58,000	131,900	98,200	25,000	31,000	3297,500	3044,200	0,073	4,653
2	111,500	208,800	340,900	26,000	84,000	58,000	132,100	97,300	26,000	32,000	3434,600	3113,600	0,090	5,713
3	111,500	209,600	343,500	27,000	81,000	57,000	133,900	98,100	24,000	30,000	3213,600	2943,000	0,081	5,137
Rata-rata														5,168
Δ Ckal (kal/mol °C)														0,530

Eksperimen 2

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	td ± 0.5 °C	tp ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	m3-m2 (gr)	m2-m1 (gr)	tp-ts (°C)	ts-td (°C)	(m3-m2)(tp-ts) (gr °C)	c zat padat (kal/gr °C)
1	111,100	205,500	305,800	28,000	90,000	32,000	100,300	94,400	58,000	4,000	5817,400	0,068
2	111,400	253,100	353,600	27,000	87,000	31,000	100,500	141,700	56,000	4,000	5628,000	0,101
3	111,400	224,400	325,100	27,000	88,000	31,000	100,700	113,000	57,000	4,000	5739,900	0,086
Rata-rata												0,085
Δ c zat padat (kal/gr °C)												0,016

Eksperimen 3

No	m1 ± 0.05 gr	m2 ± 0.05 gr	m3 ± 0.05 gr	ta ± 0.5 °C	ts ± 0.5 °C	tes ± 0.5 °C	m2-m1 (gr)	m3-m2 (gr)	ta-ts (°C)	Les (kkal/kg)
1	111,600	233,000	241,300	26,000	15,000	0	121,400	8,300	11,000	167,740
2	111,600	258,500	276,200	27,000	14,000	0	146,900	17,700	13,000	108,282
3	111,300	252,000	268,500	27,000	14,000	0	140,700	16,500	13,000	118,941
Rata-rata										131,655
Δ Les (kkal/kg)										31,702

9. Analisis Data

Dari hasil eksperimen yang pertama didapat nilai kapasitas kalor kalorimeter sebesar $5,168 \pm 0,530$ kal/mol °C

dengan persentasi kesalahan sebesar $\frac{\Delta C}{C} \times 100\% = \frac{0,530}{5,168} \times 100\% = 10,255\%$, karena

nilai kapasitas kalor yang didapat mendekati nilai kapasitas kalor tembaga sebesar

5.85 kal/mol°C maka eksperimen ini memiliki presisi kesalahan dari literatur

$$\frac{5.168-5.85}{5.85} \times 100\% = 11.658\%$$

Dari hasil eksperimen yang kedua didapat kalor jenis dari zat padat yang dimasukkan kedalam zat cair sebesar $0,085 \pm 0.016$ kal/gr°C

dengan persentasi kesalahan sebesar $\frac{\Delta c}{c} \times 100\% = \frac{0.016}{0.085} \times 100\% = 18,823\%$

dan presisi kesalahan dari literatur $\frac{0.092-0.085}{0.092} \times 100\% = 7,608\%$

Dari hasil eksperimen ketiga didapat kalor laten atau kalor lebur es sebesar $131,655 \pm 31,702$ kal °C/g

dengan persentasi kesalahan sebesar $\frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{31,702}{131,655} \times 100\% = 24,080\%$

dan presisi kesalahan dari literatur $\frac{79,78-131,655}{79,78} \times 100\% = 65,022\%$

Munculnya persentasi kesalahan dan presisi kesalahan dari literatur kemungkinan diakibatkan adanya beberapa factor, diantaranya:

1. Keadaan lingkungan yang berubah dengan adanya kenaikan suhu dan tekanan di lingkungan.
2. Pada saat mengukur massa baik itu m1,m2 maupun m3 neraca ohaus pada saat tepat akan digunakan tidak tepat pada skala nol.
3. Pengukuran suhu awal air pada kalorimeter yang kurang akurat.
4. Ketika pencampuran air panas pada percobaan pertama ada kalor yang lepas.
5. Suhu yang terlihat ketika air panas pada percobaan pertama itu di campurkan ke dalam kalorimeter kurang tepat.
6. Pengadukan saat peleburan es terlalu kuat sehingga menghasilkan kalor.
7. Penggunaan kalorimeter yang berulang berakibat pada pengukuran suhu yang kurang akurat.
8. Terburu-buru saat eksperimen
9. Menutup kalorimeter yang kurang rapat memungkinkan ada kalor yang lepas.

10. Kesimpulan

Kapasitas kalor kalorimeter yang didapat dari eksperimen pertama sebesar $5,168 \pm 0,530$ kal/mol $^{\circ}$ C . Nilai tersebut mendekati nilai kapasitas kalor tembaga sebesar 5.85 kal/mol $^{\circ}$ C. Sehingga pada eksperimen pertama ini memiliki persentase kesalahan 10,255% dan presisi kesalahan dari literatur sebesar 11.658%.

Kalor jenis yang didapat dari eksperimen kedua sebesar $0,085 \pm 0.016$ kal/gr $^{\circ}$ C. Nilai ini mendekati nilai kalor jenis aluminium sebesar 2.15 kal/ gr $^{\circ}$ C. Sehingga eksperimen ini memiliki persentase kesalahan sebesar 18,823% dan presisi kesalahan dari literatur sebesar 7,608%.

Kalor lebur didapat dari eksperimen ketiga sebesar $131,655 \pm 31,702$ serta memiliki persentase kesalahan 24,080% dan presisi kesalahan dari literature sebesar 65,022%