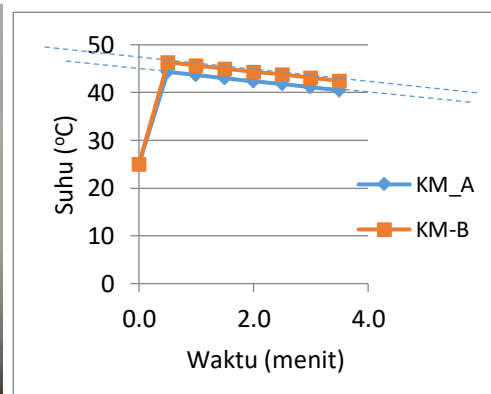


SAINS
***MICRO LEARNING* INDUKTIF**
KAPASITAS KALOR KALORIMETER
BERBANTUAN VIDEO EKSPERIMEN



Dr. Ida Bagus Nyoman Sudria, M.Sc.
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja 2023

GLOSARIUM

Aspek pembelajaran utuh mencakup kognitif, afektif, dan produk

Black's principle (asas Black): panas yang ditransfer (dilepas dan diterima) antara sistem dan lingkungan dalam suatu peristiwa termokimia ketika mencapai kesetimbangan termal adalah sama, sesuai dengan hukum kekekalan energi sebesar $(q) = m \times C_p \times \Delta t$.

Induktif: alur informasi dalam penarikan simpulan mulai dari contoh bagian-bagian menuju simpulan generalisasi pengetahuan yang dapat dibangun

Fraksi mol: mol suatu zat per mol total dalam larutan

Kalor: kuantitas energi yang dilepaskan/diterima yang menyebabkan perubahan suhu

Kalor jenis (C_p): kalor yang diterima/dilepas oleh suatu bahan per gram dan per derajat Celcius

Kalorimeter: alat untuk mengukur besar perpindahan kalor

Kalor reaksi: kalor yang dilepas atau diterima dari satu suatu reaksi per mol reaksi yang dimaksud

Molaritas (M): Molaritas: mol zat terlarut per liter larutannya

Konten mikro (*micro content*): *self-contained and meme size chunks of data* yakni potongan data utuh dan berukuran *meme* (seperti video atau genre) yang secara individual dapat dialamatkan dan diproses baik oleh komputer maupun oleh pikiran

Micro learning: sebuah program pembelajaran yang hanya berisi sebuah konten mikro

Suhu/temperatur: derajat kepanasan suatu materi yang ditunjukkan oleh termometer pengukurnya

Tingkat makroskopis materi: kajian gejala yang dapat diamati seperti warna

Tingkat submikroskopis materi: kajian molekuler dari materi (tidak kasat mata, tetapi kasat instrumen misalnya dengan IR, NMR, atau mikroskop elektron)

Tingkat simbolik materi: kajian tingkat simbol materi seperti rumus kimia

Video eksperimen: rekaman visual terutama segmen pengumpulan dan catatan data untuk pembuktian sebuah hipotesis

Video animasi: video visualisasi terutama gerakan partikel sub-mikroskopis (molekuler) dari materi

Fenomena

Kalorimeter digunakan dalam pengukuran kalor atau panas reaksi dengan keterlibatan perpindahan kalor yang mengikuti hukum kekekalan energi. Perubahan suhu yang berlawanan terjadi antara kelompok komponen-komponen yang bertukar panas. Besar pertukaran panas dapat dihitung dengan menggunakan *Black's principle* atau asas Black dari “suhu ketika kesetimbangan termal terjadi antar kelompok-kelompok komponen yang bertransfer panas tersebut” dengan memperhitungkan massa dan panas jenis bahan dari komponen-komponen yang bertukar panas.

Kemungkinan banyak tersedia kalorimeter di laboratorium dengan massa yang belum tentu sama dan/atau juga dari jenis bahan yang mungkin berbeda. Kelompok-kelompok kecil belajar investigasi dalam praktikum atau eksperimen pembuktian hipotesis yang sama misalnya penentuan kalor reaksi penetralan antara asam klorida dan basa natrium hidroksida dengan menggunakan kalorimeter. Tentu akan mengalami masalah besar, jika tidak terlebih dahulu mengukur (mengetahui) kapasitas panas kalorimeter yang akan digunakan. Untuk itu investigasi tentang kapasitas panas (kalor) dari kalorimeter sangat penting dilakukan.

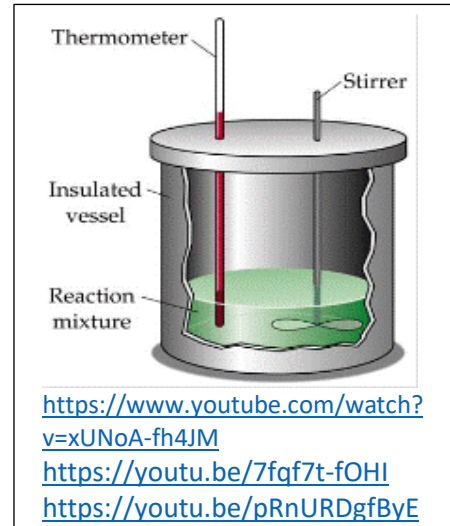
Dalam pengukuran kalor reaksi, kalorimeter juga ikut mengalami perubahan suhu (terutama jika bahannya terbuat dari bahan yang menyerap/melepas panas seperti tembaga atau aluminium). Dengan kalorimeter demikian, suhu ideal saat awal kesetimbangan terjadi sulit (bahkan tidak dapat diukur), tetapi dapat ditentukan dengan menggunakan metode ekstrapolasi grafik garis lurus dari plot titik-titik data suhu hasil pengukuran secara berkelanjutan terhadap interval waktu tertentu (misalnya setiap 30 detik). Suhu ideal kesetimbangan awal tersebut adalah suhu yang terbaca pada sumbu Y yang dipotong oleh garis lurus dari plot data suhu tersebut. Suatu kalorimeter dapat digunakan berulang-ulang untuk mengukur kalor reaksi, kapasitas panasnya cukup ditentukan sekali saja melalui pengukuran sebelum digunakan.

Setelah suhu kesetimbangan antara sistem dan lingkungan terjadi dan jika pengamatan suhu dilakukan terus, maka akan terjadi perpindahan kalor/panas dari keseluruhan materi dalam kalorimeter ke atmosfer lingkungan dengan penurunan atau kenaikan suhu sebanding dengan waktu. Transfer panas lebih lanjut ke atmosfer yang sebanding dengan suhu dapat membantu penentuan suhu campuran awal yang lebih tepat untuk perpindahan panas antara kalorimeter dan air dingin dengan air panas atau antara kalorimeter dengan reaksi kimia melalui metode ekstrapolasi garis lurus. Jika menggunakan bahan kalorimeter yang tidak menyerap/melepas panas (seperti plastik), kapasitas panas kalorimeter dapat diabaikan.

1. Mengamati di awal (M1)

Sejumlah minimal (kecukupan) informasi awal dalam paragraf latar fenomena dan/atau pengalaman di sekitar dalam bentuk butir-butir pengetahuan faktual dan prosedural (atau prosedur) diperlukan (dicatat) untuk dapat merumuskan masalah investigasi, hipotesis, dan pengumpulan data dalam membangun pengetahuan ilmiah tentang kapasitas kalorimeter. Butir-butir informasi tersebut cukup membantu jika dikelompokkan seperti dalam tabel berikut.

Daftar informasi awal yang diperlukan	
Informasi/ pengetahuan faktual baru:	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.
Informasi prosedur:	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.
Pengetahuan/ konsepsi ilmiah prasyarat:	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.



2. Menanya

Berdasarkan sejumlah informasi faktual awal tersebut yang diperoleh dalam fenomena latar dan pengamatan di sekitar, buatlah pertanyaan klarifikatif untuk informasi yang belum jelas (jika ada) dan masalah investigatif tentang kapasitas kalorimeter!

Jawaban :

Pertanyaan klarifikasi (kejelasan informasi faktual awal dan [pengetahuan prasyarat]):

Pertanyaan investigatif (rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui tahapan M3 dan M4):

3. Mengumpulkan data

a. Merumuskan hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah di atas, buatlah sebuah hipotesis atau sebuah kalimat jawaban sementara dari rumusan masalah investigasi yang telah dibuat (dalam bentuk sebuah kalimat akibat-sebab lebih cocok untuk hipotesis induktif)!

b. Merancang percobaan/eksperimen (pembuktian hipotesis)

Untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan, buatlah rancangan percobaan pembuktian yang meliputi identifikasi variabel-variabel hipotesis, desain/rancangan pembuktian hipotesis, menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja/cara kerja, dan membuat format pencatatan data!

1) Variabel percobaan

Tabel 1. Jenis variabel (ini contoh, siswa diharapkan mengembangkan sendiri)

Hipotesis	Variabel Bebas (VB)	Variabel Terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)
..... berbeda ditentukan/bergantung pada jenis bahan dan massa dari kalorimeter	1. Berbagai kalorimeter	1. Perubahan suhu per derajat Celsius	Volum dan tekanan tetap

2) Desain percobaan (pembuktian hipotesis)

Desain percobaan dibuat dengan memberikan variasi nilai/aspek variabel bebas (sampel dan perlakuan) dan menetapkan variasi nilai variabel terikat (hasil pengukuran/pengamatan akibat dari perlakuan) yang akan mengikuti variasi nilai variabel bebas.

Tabel 2. Desain pembuktian hipotesis (contoh)

Hipotesis	VB	VT	VK
	Kalorimeter (massa dan/atau) bahan utama pembuatnya berbeda)	Penyerapan atau pelepasan panas (kalor) setiap perubahan satu derajat Celsius	
..... ... berbeda ditentukan/bergantung pada jenis bahan dan massa dari kalorimeter	A		Volum dan tekanan atmosfer tetap
	B		
	C		
	...		

3) Alat dan bahan

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 alat dan bahan yang diperlukan serta fungsinya sebagai berikut.

a) Alat dan fungsinya:

Alat dan spesifikasi	Fungsi
1.	
2.	
..	

a) Bahan dan fungsinya:

Bahan dan kuantitas	Fungsi
1.	
2.	
..	

c. Cara kerja

Berdasarkan desain pembuktian Tabel 2 cara kerja (prosedur) pengambilan data eksperimen sebagai berikut.

Bahan dan kuantitas
1.
2.
..



<https://youtu.be/Cyy1YdKUsng>

2) Format/tabel hasil pengamatan

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan pembuktian hipotesis atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan pembuktian hipotesis (tabel yang sama, Tabel 2).

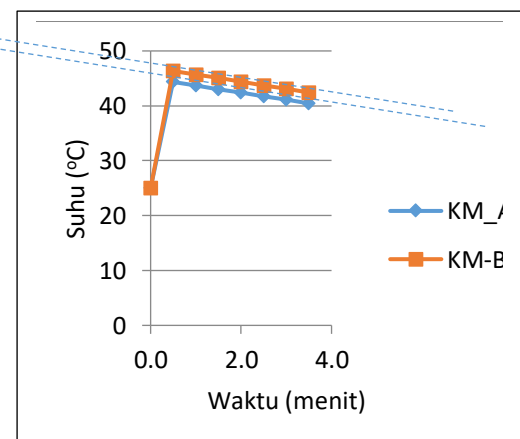
3) Pelaksanaan pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan mengikuti prosedur yang dikembangkan dari desain pembuktian hipotesis (Tabel 2) seperti dalam rekaman video (<https://youtu.be/Cyy1YdKUsng>). Data hasil pengamatan disajikan dalam format pencatatan data (Tabel 3).

(Tabel TK-3.1 adalah data dari pengukuran dua buah kalorimeter (A dan B).

Tabel TK-1.3.1 Data hipotesis 1

Waktu (mnt)	(Kalorimeter A + 50 gr air 25°C) + 50 gr 80°C	(Kalorimeter B + 50 gr air 25°C) + 50 gr air 80°C
	Suhu (°C)	Suhu (°C)
Sebelum (0.0)	25	25
0.5	44.4	46.4
1.0	43.7	45.7
1.5	43.1	45.1
2.0	42.4	44.4
2.5	41.8	43.8
3.0	41.1	43.1
3.5	40.5	42.5



Tabel 3 Data hasil eksperimen (contoh)

Hipotesis	VB	VT (kapasitas kalorimeter)			VK
	Kalorimeter (massa dan/ atau bahan utama pembuatnya berbeda)	Suhu campuran (perpotongan di sumbu Y)	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	Panas (kalor) yang dilepas atau diserap kalorimeter dihitung dengan menggunakan asas Black	
Kapasitas panas kalorimeter bervariasi bergantung pada massa dan/atau kalor jenis bahan pembuatnya	A				Volum dan tekanan atmosfer tetap
	B				
	C				
	...				

4. Mengasosiasi

Pada tahapan mengasosiasi, diharapkan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini melalui data yang telah diperoleh dalam tabel di bagian mengumpulkan data, serta dari mencermati ulasan materi pada *power point* di bagian mengasosiasi ataupun melalui sumber-sumber yang relevan, sehingga dapat menyimpulkan rumusan hipotesis yang dibuat dan mempersiapkan untuk dapat mempresentasikan hasil dengan baik! Rumusan hipotesis untuk dibuktikan “kapasitas panas kalorimeter bervariasi bergantung pada massa dan/atau kalor jenis bahan pembuatnya”.

Dari data hasil eksperimen dalam Tabel 3 yang diperoleh berdasarkan percobaan dapat dianalisis sebagai berikut (ini contoh, subjek belajar diharapkan mengembangkan sendiri agar lebih merasakan penemuan konsepsi ilmiah oleh diri sendiri).

Pengolahan data dan analisis data

-
- Suhu air dingin meningkat, sedang suhu air panas menurun setelah pencampuran yang menunjukkan terjadinya pertukaran kalor antara air dingin dan air panas
-
- Panas yang diserap atau dilepas oleh kalorimeter per satuan suhu ($^{\circ}\text{C}$) sebagai kapasitas panas setiap kalorimeter dari sejumlah sampel kalorimeter disajikan dalam tabel berikut

Hipotesis	VB	VT	VK
	Kalorimeter (massa dan/ atau bahan utama pembuatnya berbeda)	Kapasitas panas kalorimeter ($C = q/\Delta t$)	
Kapasitas panas kalorimeter bervariasi bergantung pada	A		Volum dan tekanan atmosfer tetap
	B		

massa dan/atau kalor jenis bahan pembuatnya	C		
	...		

Interpretasi: data hasil eksperimen dalam tabel di atas menunjukkan “kapasitas panas kalorimeter bervariasi”.

- Kemungkinan terdapat perbedaan jenis bahan dan massa bagian kalorimeter yang menyerap atau melepas panas (perlu dilakukan pengamatan jenis bahan atau panas jenis bahan dan penimbangan beberapa dari sampel kalorimeter)?

.....

- Kapasitas kalorimeter berkaitan dengan panas jenis bahan dan massa kalorimeter, dengan hubungan sebagai berikut

.....

Simpulan:

.....

..... (hipotesis 1 diterima/ditolak)

hipotesis yang diajukan di depan?

5. Mengkomunikasikan

Setelah lembar kerja diisi lengkap, dapat dibuat presentasi kerja ilmiah yang dilakukan seperti contoh presentasi yang disajikan dalam bentuk tautan [\(contoh PPT siswa untuk konten lain\)](#). Komunikasi proses dan temuan belajar dapat juga disajikan dalam bentuk dokumen laporan, poster, artikel ilmiah, makalah, atau bentuk komunikasi lain. Materi presentasi terutama berisi rangkuman langkah-langkah kerja ilmiah dan temuannya. Jangan lupa menjawab soal-soal terkait untuk penguasaan dan pengayaan konsep (baik dalam lembar kerja atau sumber lain yang ditemukan) terkait dengan temuan Anda.

b. Teks *micro learning* induktif skala pH

Fenomena (lihat lembar kerja)

Fenomena objek belajar untuk kluster ilmiah 5M TK-1 sudah cukup disajikan dalam LKM.

Pengetahuan prasyarat pengukuran transfer panas dengan kalori meter model *coffee cup*

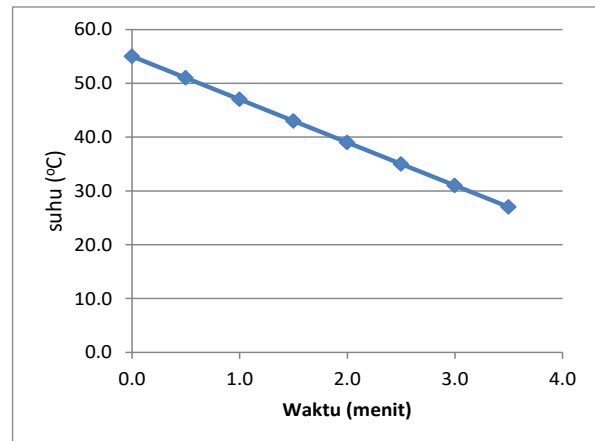
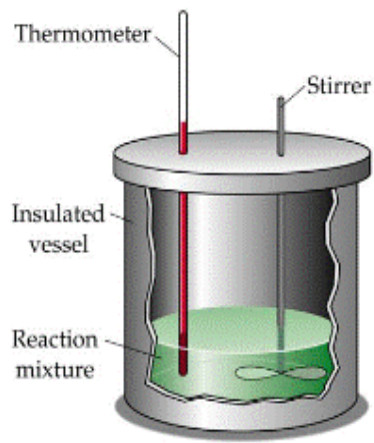
Konstruksi konsepsi ilmiah akan terjadi efektif dan lancar perlu memiliki pengetahuan awal yang terkait. Komponen-komponen peristiwa yang melibatkan perpindahan (transfer) panas/kalor dikelompokkan atas sistem dan lingkungan. Kalorimeter sendiri ikut menyerap atau melepas panas dalam pengukuran kalor reaksi atau peristiwa yang mempertukarkan panas. Kapasitas panas kalorimeter cenderung tidak sama bergantung pada bahan dan massa kalorimeter yang digunakan. Untuk kepentingan praktis sering dipilih kalorimeter berbahan isolator panas yang baik dan diasumsikan terbuat dari bahan isolator panas yang ideal, agar bisa mengabaikan panas yang diserap oleh kalorimeter. Namun umumnya ditemukan

kalorimeter dari bahan yang bervariasi. Kalorimeter yang sama dapat digunakan berkali-kali. Ketika menggunakan kalorimeter yang tidak terbuat dari bahan isolator ideal, kapasitas kalorimeter tersebut ditentukan lebih dahulu, sehingga tidak perlu mengukur massa dan memperhitungkan panas jenis bahannya setiap pengukuran menggunakan kalorimeter tersebut.

Penentuan kapasitas kalorimeter model *coffee cup* dapat dilakukan dengan menambahkan sejumlah massa air hangat ke air dingin di dalam kalorimeter yang diaduk secukupnya (agar pengadukan tidak signifikan menambah energi ke bentuk kalor) hanya untuk pemerataan suhu campuran. Meskipun sudah diaduk secukupnya di awal, tetap sulit menentukan suhu kesetimbangan pencampuran yang merata karena pencampuran yang merata butuh waktu. Bersamaan dengan waktu berlalu panas juga akan berpindah ke udara luar yang massanya sulit atau kurang praktis diukur. Oleh karena setelah campuran mencapai titik kesetimbangan akan terus terjadi penurunan suhu akibat perpindahan panas campuran ke lingkungan udara luar yang relatif lambat terjadi dan penurunan suhu campuran cenderung menunjukkan hubungan linier (grafik garis lurus) dengan waktu.

Hubungan linier penurunan suhu terhadap waktu cukup sangat rasional membantu menentukan suhu kesetimbangan awal peristiwa tertutup transfer panas antara sistem dan lingkungan melalui metode elaborasi perpotongan garis lurus di sumbu ordinat (y) dari grafik suhu terhadap waktu perpindahan kalor dari campuran ke udara luar. Suhu kesetimbangan seperti pencampuran air hangat dan air dingin merupakan suhu awal dari transfer panas campuran ke lingkungan udara luar. Suhu campuran kesetimbangan termal awal di dalam kalorimeter ditetapkan berdasarkan pengukuran suhu campuran setiap interval waktu tertentu (misalnya 30 detik) sejak awal pencampuran hingga diperoleh grafik mendekati garis lurus dengan simpangan baku terkecil (penarikan garis lurus sedekat mungkin dengan distribusi titik-titik data observasi hubungan suhu terhadap waktu pengukuran). Menurut *Black's principle*, kalor yang diserap/dilepas suatu bahan sebesar hasil perkalian massa, kalor jenis, dan perubahan suhu menuju suhu kesetimbangan campuran (suhu awal saat transfer panas ke udara luar) yang dialami ($= m \times C_p \times \Delta t$).

Dengan asumsi titik kesetimbangan panas pencampuran air hangat dan air dingin dalam kalorimeter terjadi pada awal proses dan pencampuran cukup cepat terjadi. Dari grafik garis lurus suhu terhadap waktu dalam perpindahan kalor dari campuran ke lingkungan udara luar, maka dapat ditentukan suhu ideal pencampuran sebelum kehilangan panas menuju lingkungan udara luar. Suhu awal campuran yang ditetapkan melalui elaborasi grafik garis lurus tersebut merupakan suhu kesetimbangan komponen pelepas panas dan penerima panas dalam termokimia. Dalam penentuan kapasitas kalorimeter hanya air hangat yang melepas panas, sedangkan air dingin dan kalorimeter yang menerima panas. Dalam kondisi demikian, kesamaan kalor yang dilepas dan yang diterima antar kedua komponen tersebut cukup tepat memfasilitasi hukum kekekalan energi dalam *Black's principle*.



Paragraf fenomena dan informasi pengetahuan awal prasyarat di atas cukup memberikan beberapa kelompok informasi awal terkait. (1) Kelompok informasi awal berupa: peristiwa perpindahan panas dalam pengukuran kapasitas kalorimeter dan akan diasumsikan terjadi hanya antara air hangat dan air dingin serta kalorimeter, air hangat sebagai komponen pelepas kalor, sedangkan air dingin dan kalorimeter sebagai komponen penerima panas, grafik garis lurus suhu terhadap waktu pengamatan suhu, suhu kesetimbangan campuran merupakan suhu yang diperoleh di perpotongan grafik garis lurus antara suhu-suhu hasil pengukuran (sumbu y) terhadap interval waktu pengukuran (sumbu x), perhitungan kalor yang dipertukarkan mengikuti *Black's principle*.

Informasi awal tersebut cukup mengarahkan pada rumusan masalah investigasi yaitu “bagaimana variasi kapasitas kalorimeter dari kalorimeter-kalorimeter berbeda yang mungkin akan digunakan dalam suatu eksperimen termokimia?”

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah menghasilkan data yang menjawab suatu rumusan masalah investigasi, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis sebagai jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang bersangkutan. Deskripsi fenomena yang menghadirkan informasi awal untuk belajar melalui penemuan (pendekatan ilmiah) di atas cenderung dalam bentuk pengetahuan faktual contoh-contoh dan sejumlah efek yang belum semua penyebabnya terungkap dalam pengamatan awal. Belajar ilmiah dengan pengamatan awal yang demikian cenderung lebih efektif melalui penalaran induktif. Rumusan hipotesis sebab-akibat lebih efektif dibuat dalam bentuk sebuah kalimat pasif (efek mendahului sebab). Rumusan hipotesis yang dapat dirumuskan adalah “suatu kalorimeter menyerap/melepas kalor per derajat suhu atau memiliki kapasitas panas (C) tertentu/tetap karena terbuat dari bahan sama dan masa tidak berubah, tetapi cenderung berbeda dengan kalorimeter yang lain”.

Langkah pengumpulan data selanjutnya melibatkan penentuan variabel bebas (VB = aspek sebab) dan variasi nilainya atau sampel pengetahuan faktual sebab yang umumnya sebagai subjek dari peristiwa, variabel terikat (VT = aspek akibat) sebagai efek atau konsekuensi dari perlakuan sebab, dan variabel kontrol (VK = aspek lain yang dikendalikan seperti disamakan agar tidak ikut mempengaruhi akibat) untuk setiap rumusan hipotesis. Variabel kontrol juga sangat penting untuk dipenuhi agar hubungan sebab-akibat dalam peristiwa itu betul valid (tidak salah atau tidak diragukan). Hipotesis di atas melibatkan

bahan dan masa setiap kalori meter yang ditentukan kapasitas panasnya serta massa dan suhu awal air dingin dan air panas tertentu sebagai VB, perubahan suhu kalorimeter (= perubahan suhu air dingin) dan perubahan suhu air panas sebagai VT, dan massa air dingin dan massa air hangat dibuat tetap sebagai VK untuk menyederhanakan eksperimen. Pengukuran kapasitas *copy cup* kalorimeter memiliki keterbatasan bahwa volum dan tekanan sistem dianggap tetap.

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap ketiga hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3.

Tabel TK-1.1 Rancangan pembuktian hipotesis

No	Hipotesis (KI)	VB (variabel bebas = sebab)		VT (v. terikat = akibat)			VK (variabel kontrol)
		Kalori meter yang bervariasi (massa dan/atau jenis bahan-nya berbeda)	Suhu air dingin & air panas (°C)	Perubahan suhu komponen (°C)		C (kapasitas KM)	
Air dingin	KM			Penyerap kalor	Pelepas kalor (air hangat)		
1	Kapasitas kalorimeter (induktif): "suatu kalorimeter menyerap/melepas kalor per derajat suhu atau kapasitas panas (C) tertentu/ tetap karena terbuat dari bahan sama dan masa tidak berubah, tetapi cenderung berbeda dengan kalorimeter yang lain".	Kalorimeter A (dengan bahan x dan massa m_x)	30 dan 70				<ul style="list-style-type: none"> • Volum dan tekanan sistem tetap (hanya terjadi transfer energi dalam bentuk kalor saja) • massa air dingin dan air panas sama (50 gr) • tingkat pengadukan secukupnya • pengukuran teliti
		Kalorimeter A (dengan bahan x dan massa m_x)	40 dan 80				
		Kalorimeter B (dengan bahan y dan massa m_y)	30 dan 70				

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Tabel TK-1.2 Alat-alat dan bahan eksperimen

Alat	Bahan
Kalorimeter, termometer, batang pengaduk, penggaris, labu ukur, timbangan, pipet tetes, gelas kimia	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan pencuci alat-alat, kertas milimeter untuk grafik • Air dingin dan air hangat

Cara kerja

Prosedur pengambilan data sebagai berikut <https://youtu.be/Cyy1YdKUsg>. (i) 50 gram air dingin dalam suatu kalorimeter yang bersuhu kamar stabil (diukur misalnya 25°C) ditambah 50 gram air panas bersuhu tertentu (misalnya 80°C) dan diaduk secukupnya untuk menciptakan pemerataan suhu dalam campuran (ingat pengadukan jangan berlebihan agar tidak signifikan menambah energi dari luar); (ii) suhu campuran diukur setiap selang waktu 0,5 menit mulai dari awal (sebelum ditambah air hangat) dan kemudian setiap 30 detik selanjutnya secara berkelanjutan (sekitar total waktu 5 menit); (iii) dibuat plot kurva suhu terhadap waktu dengan selang waktu 30 detik dan ditarik sebuah garis lurus yang terdekat dengan sebaran titik data (prinsip total simpangan terkecil) hingga memotong sumbu y (suhu) untuk memperoleh suhu campuran awal di titik perpotongan dengan sumbu y. Percobaan diulang untuk penentuan kapasitas panas untuk kalorimeter yang lain dengan prosedur yang sama.

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Namun akan baik juga jika menggunakan tabel rancangan pembuktian hipotesis ditambah kolom catatan lain yang mungkin penting. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Sebagai contoh, pencatatan data suhu awal dan suhu-suhu pada interval waktu yang terobservasi sudah cukup memenuhi kebutuhan aspek perubahan suhu pada tabel pengolahan analisis data. Untuk efisiensi halaman tulisan, format/tabel pencatatan data sekaligus disajikan pada langkah terakhir fase pengumpulan data bersama dengan isian data yang diperoleh saat pelaksanaan eksperimen sesuai dengan urutan pengumpulan data.

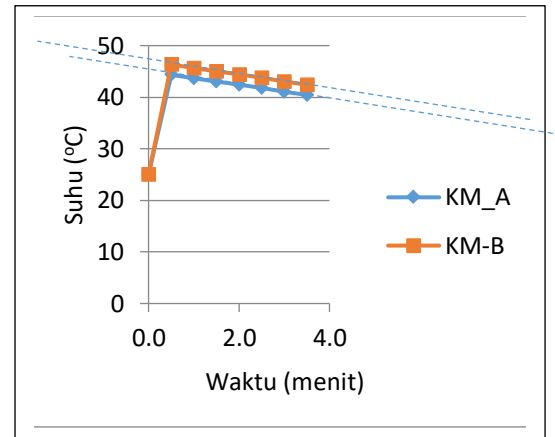
Hasil pengumpulan dan pengolahan datanya

Hasil pencampuran 50 gram air panas bersuhu 80°C dengan 50 gr air dalam kalorimeter yang bersuhu 25°C dengan disiplin mengikuti panduan mendapatkan pengukuran suhu yang disajikan dalam tabel. Untuk menentukan suhu campuran yang lebih tepat memerlukan bantuan metode ekstrapolasi garis lurus data penurunan suhu kesetimbangan termal awal pencampuran air hangat dan dingin di dalam kalorimeter (ideal) yang akan ditentukan kapasitas panasnya. Data penurunan suhu dalam pengukuran kapasitas kalorimeter untuk setiap kalorimeter yang tercatat dianggap terjadi setelah campuran air panas dan air dingin mencapai kesetimbangan disajikan dalam tabel dan gambar berikut. (Tabel TK-3.1 adalah data dari pengukuran dua buah kalorimeter (A dan B).



Tabel TK-1.3.1 Data hipotesis 1

Waktu (mnt)	(Kalorimeter A + 50 gr air 25°C) + 50 gr 80°C	(Kalorimeter B + 50 gr air 25°C) + 50 gr 80°C
	Suhu (°C)	Suhu (°C)
Sebelum (0.0)	25	25
0.5	44.4	46.4
1.0	43.7	45.7
1.5	43.1	45.1
2.0	42.4	44.4
2.5	41.8	43.8
3.0	41.1	43.1
3.5	40.5	42.5



Gambar TK-1.3.1 Kurva suhu terhadap waktu hipotesis 1.

Melalui metode ekstrapolasi garis lurus diperoleh suhu kesetimbangan termal awal pencampuran air hangat dan dingin dalam kalorimeter yang akan ditentukan kapasitas panasnya adalah 45°C untuk kalorimeter A (KM-A) dan 47°C untuk kalorimeter B (KM-B).

Analisis data hasil eksperimen untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis melibatkan pengolahan data dan diskusi tahapan-tahapan rasional (dialog tanya jawab) menuju hasil analisis konfirmasi kebenaran rumusan hipotesis. Perhitungan sejumlah data diperlukan sesuai dengan tabel rancangan pembuktian hipotesis. Perhitungan kalor yang diserap/dilepas oleh bahan (termasuk kalorimeter) menggunakan Black's principle yakni rumus $q = m \times C_p \times \Delta t$. C_p merupakan kalor atau panas jenis bahan seperti telah dinyatakan dalam fenomena modul unit ini. Tabel pembuktian ketiga hipotesis dalam unit modul ini disajikan dalam Tabel T-1.4.

Tabel TK-1.4.1 Pengolahan data hipotesis 1-3

Hip. No.	VB (variabel bebas = sebab) Massa dan suhu air hangat dan air dingin yang dicampur	VT (v. terikat = akibat)			Kapasitas kalorimeter ke-n (C_N) = $q/\Delta t$ (kalori/°C)	VK (variabel kontrol)	P. prasyarat
		Perubahan suhu komponen		Pelepas (air hangat)			
		Air dingin	KM				
1	50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter A yang bersuhu 25°C	20°C	20°C	35°C	$C_A = 37.50$ kalori/°C	• Sistem pada volume dan tekanan tetap (hanya ada transfer energi dalam bentuk kalor)	$q = m \times k_j \times \Delta t$
	50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter B yang bersuhu 25°C	22°C	22°C	33°C	$C_B = 21.654$ Kalori/°C		

Interpretasi dari hasil pengolahan dan analisis data dalam tabel di atas adalah (1) suatu kapasitas kalorimeter tertentu dan berbeda dengan kapasitas kalorimeter yang lain

Pembahasan

Kapasitas (C) suatu kalorimeter yang ditentukan dari selisih kalor tersebut dibagi

dengan perubahan suhu yang dialami kalorimeter merupakan adalah tetap meskipun diukur dengan melibakan massa maupun suhu air dingin dan air panas berbeda, tetapi berbeda dari kapasitas kalorimeter yang lain. Hal demikian disebabkan karena komponen dari kalorimeter yang menyerap/melepas panas adalah sama (memiliki massa maupun panas jenis yang sama). Sementara harga $q/\Delta t$ yang terukur akan sama dengan massa \times panas jenis dari bahan komponen penyerap/pelepas panas dari kalorimeter tersebut. Kapasitas kalorimeter tersebut tentu akan berbeda dengan kapasitas kalorimeter yang lain dengan massa dan panas jenis yang berbeda.

Tahapan-tahapan kegiatan saintifik di atas secara konsisten mengikuti tahapan-tahapan berpikir dimana setiap tahap dengan menghadirkan fakta empiriknya dari hasil pengamatan awal di sekitar dalam bentuk informasi faktual primer (hasil pengamatan langsung) dan/atau informasi faktual sekunder (membaca dari sumber) menuju langkah-langkah berikutnya hingga memperoleh simpulan tentang generalisasi dari rangkaian kegiatan pengorganisasian informasi-informasi faktual mengikuti tahapan-tahapan metode ilmiah. Tahapan-tahapan demikian yang dikenal sebaik kegiatan saintifik yang mengikuti penalaran induktif (saintifik induktif) disajikan untuk setiap konsepsi ilmiah (pengetahuan konseptual) yang disasar yang pada langkah awal M3 ditetapkan sebagai rumusan hipotesis. Pembahasan kegiatan saintifik induktif terhadap ketiga simpulan analisis data yang mendukung (membenarkan) hipotesis sebagai berikut. untuk

Temuan ilmiah pertama berupa konsepsi ilmiah berupan pengetahuan konseptual bahwa “suatu kalorimeter menyerap/melepas kalor per derajat suhu atau memiliki kapasitas panas (C) tertentu/tetap karena terbuat dari bahan sama dan masa tidak berubah, tetapi cenderung berbeda dengan kalorimeter yang lain” yang membenarkan hipotesis (1). Informasi dari pengamatan awal berupa kalorimeter turut menyerap/melepas panas saat mengukur kalor reaksi sebesar $m \times C_p \times \Delta t$ sesuai dengan *Black's principle*, tidak ditemukannya informasi yang pasti (dipercaya) tentang bahan dan juga massa komponen utama kalorimeter yang turut bertransfer panas, bahan dan ukuran kalorimeter cenderung bervariasi. Informasi awal demikian sangat rasional memunculkam rumusan masalah investigasi “bagaimana kapasitas dari variasi kalorimeter yang mungkin akan digunakan dalam suatu eksperimen termokimia”? Kesesuaian rumusan masalah dengan kecukupan informasi awal tersebut telah mengarahkan pada ketepatan rumusan hipotesis dan rancangan pembuktiannya melalui eksperimen yang telah dilakukan. Jenis bahan dengan kapasitas panas jenisnya dan massa komponen utama kalorimeter yang bergantung pada ukurannya suatu kalori meter yang cenderung berbeda dengan kalorimeter lain menentukan karakteristik panas (kapasitas panas) suatu kalorimeter. Temuan di atas mendukung informasi awal bahwa kapasitas kalorimeter memang sebaiknya ditentukan sebelum digunakan untuk mengukur kalor reaksi atau pengukuran kalor peristiwa lain. Temuan ini juga perlu menjadi pertimbangan ketelitian penggunaan kalorimeter dengan bahan isolator panas yang mengasumsikan pegabaian kalor yang diserap/dilepas oleh kalorimeter saat digunakan mengukur kalor reaksi/pristiwa lain.

Konsepsi ilmiah memiliki manfaat besar dalam memahami peristiwa alam yang banyak saling terkait dan semesti terus diungkap keterkaitannya untuk lebih memahami alam dan memperoleh manfaat yang lebih banyak. Dengan demikian suatu konsepsi ilmiah yang baru ditemukan melalui pendekatan saintifik itu perlu startegi refleksi untuk

menjamin kemudahan dan kebenaran jika diingat kembali dikenal sebagai metakognitif. Pemilikan metakognitif tentu lebih sulit dibangun atau kurang efektif melalui belajar hafalan. Pengelompokan informasi kedalam jenis pengetahuan faktual, prosedur ilmiah, pengetahuan konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah sangat berguna. Tentu saja strategi metakognitif dari suatu temuan konsepsi ilmiah muncul dari keterampilan mengaitkan jenis-jenis pengetahuan terkait yakni pengetahuan faktual, prosedur ilmiah untuk membangun pengetahuan ilmiah (pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang baru ditemukan tersebut. Konsepsi ilmiah sebab-akibat yang ditemukan atau rumusan hipotesis yang sudah dibuktikan benar merupakan pengetahuan konseptual. Berikut adalah contoh keterkaitan keempat jenis pengetahuan dalam konstruksi konsepsi ilmiah kapasitas kalorimeter yang telah berhasil dikonstruksi melalui kegiatan 5M yang diorganisasikan dalam bentuk tabel.

Pengetahuan konseptual	Pengetahuan faktual	Prosedur saintifik dilibatkan	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif
Suatu kalorimeter menyerap/melepas kalor per derajat suhu atau memiliki kapasitas panas (C) tertentu/ tetap karena terbuat dari bahan sama dan masa tidak berubah, tetapi cenderung berbeda dengan kalorimeter yang lain.	<ul style="list-style-type: none"> • kalorimeter (KM) menyerap /melepas panas • KM memiliki kapasitas panas (C) tertentu/ tetap dg satuan kalori/$^{\circ}$C • Suatu KM memiliki massa dan terbuat dari bahan tertentu (cukup ditentukan sekali jika digunakan berulang-ulang) • KM lain cebdrung memilki C yang berbeda 	<ol style="list-style-type: none"> 1) mengamati fenomena & mendaftarkan informasi awal kebutuhan rumusan masalah & hipotesis 2) merumuskan masalah investigasi 3) merumuskan hipotesis & merancang pembuktiannya 4) mealkukan pengambilan data eksperimen 5) mengolah dan menganalisis data menuju pembuktian hipotesis 6) membuat simpulan 7) menemukan metakognitif 	• Kalorimeter dengan massa & bahannya sendiri	• Kapasitas kalorimeter (C)	• Volum & tekanan sistem tetap (hanya terjadi transer energi dalam bentuk kalor saja)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Black's principle</i> • Metode elaborasi grafik garis lurus 	<ul style="list-style-type: none"> • Suatu KM memiliki massa dan terbuat dari bahan tertentu (sama), tetapi berbeda dengan Km lain • C KM cukup ditentukan sekali jika digunakan berulang-ulang)

Konstruksi metakognitif dari pengetahuan konseptual (pengetahuan ilmiah) yang ditemukan serta jenis pengetahuan faktual dan prosedur ilmiah dalam pengkonstruksinya lebih lanjut dikerjakan sebagai salah satu isi tugas kelompok dalam sesi tugas pada akhir unit modul ini.

b. Tugas

i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian *worksheet* (lembar kerja) 5M sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

2a). Sesuai dengan kajian Anda sendiri, buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual akibat-sebab) sasaran serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif
	•.. •..						

b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah induktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* dengan pendekatan ilmiah 5M induktif dengan mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang kapasitas panas kalorimeter) yang ada di dalam buku-buku pelajaran Kimia srkolah menengah. Soal-soal penguasaan konsep dan pengayaan juga dapat ditemukan teks chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir teks *Chapter 18* dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), *Principle of General Chemistry*. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Sumber rujukan konten kimia

1. Buku-buku pelajaran Kimia sekolah menengah
2. Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education.
3. Silberberg, M.S. (2010). *Principle of General Chemistry* 2nd edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
4. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
5. Chand, R., (2002). *Chemistry*. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
6. Sumber internet lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energi ikatan, entropi, kespontanan reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hukum Hess, dan siklus Born-Haber.

Tes penguasaan konsep

Pilih satu jawaban yang paling benar !

Eksperimen penentuan kapasitas kalorimeter dilakukan dengan mencampur 50 gram air hangat bersuhu 90°C ke dalam 50 gram air di dalam kalorimeter yang bersuhu 25°C dan diaduk seperlunya. Suhu campuran diamati setiap 30 detik mulai dari saat pencampuran. Prosedur yang sama digunakan untuk menentukan kapasitas kalorimeter yang lain (dengan massa atau bahan yang berbeda). Suhu hasil pencampuran yang mendekati asas Black (*Black's principle*) ditentukan dengan metode ekstrapolasi titik potong di ordinat suhu dari grafik suhu terhadap waktu pengamatan. Pernyataan berikut benar dan optimal mendukung membangun konsepsi ilmiah tentang kapasitas kalorimeter adalah

- A. kalorimeter bisa terbuat dari jenis bahan dan/atau massa berbeda, tetapi kapasitas kalorimeter sama untuk semua kalorimeter.
- B. dalam pernyataan untuk butir soal ini, kalorimeter yang diukur kapasitas panasnya adalah sama dan merupakan variabel kontrol (VK)
- C. kalorimeter dengan massa atau jenis berbeda menyerap panas per 1°C yang berbeda sebagai kapasitas kalor setiap kalorimeter dapat ditentukan dengan menggunakan *Black's principle*.
- D. perubahan suhu komponen yang dihitung dari penetapan suhu campuran dari hasil eksperimen merupakan variabel terikat (VB) dalam eksperimen penentuan kapasitas kalorimeter
- E. massa dan jenis dari berbagai kalorimeter merupakan variabel bebas (VT) dalam eksperimen penentuan kapasitas kalorimeter.