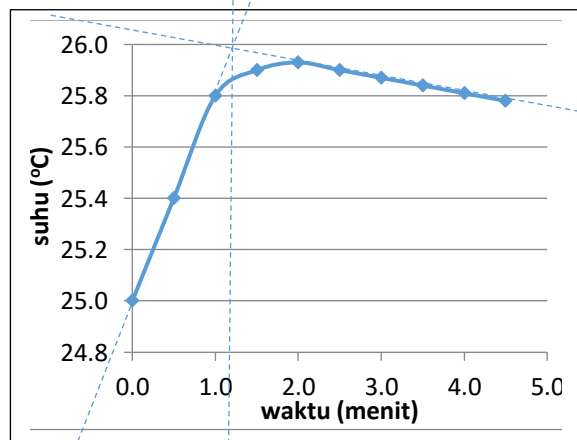


SAINS
***MICRO LEARNING* INDUKTIF**
KALOR REAKSI PENETRALAN ASAM-BASA
BERBANTUAN VIDEO EKSPERIMEN



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

GLOSARIUM

Aspek pembelajaran utuh mencakup kognitif, afektif, dan produk

Asam: larutan dalam air melepas ion H^+ dan dapat memiliki $pH < 7$ pada keadaan STP

Basa: larutan dalam air melepas ion OH^- dan dapat memiliki $pH > 7$ pada keadaan STP

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

Reaksi penetralan asam-basa: reaksi antara asam (H^+) dan basa (OH^-) menghasilkan air dan garam yang disertai penurunan sifat keasaman dan kebasaan menuju sifat netral.

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

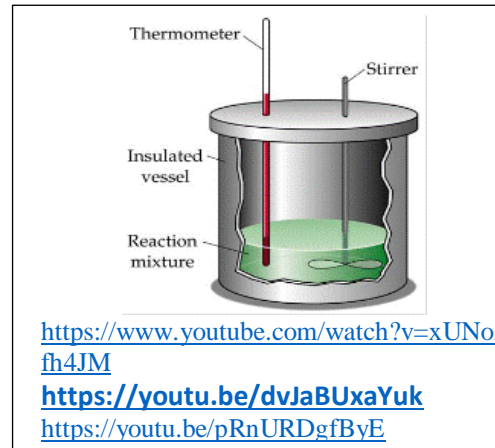
Reaksi kimia umumnya melibatkan pelepasan atau penyerapan panas/kalor dengan indikasi terjadinya perubahan suhu secara berlawanan pada kelompok-kelompok komponen yang bertukar panas. Panas reaksi yang dilepas atau diserap dapat dihitung menggunakan *Black's principle* atau asas Black dari “pengukuran suhu ketika kesetimbangan termal terjadi antar kelompok-kelompok komponen yang bertransfer panas tersebut”. Jika kalorimeter yang digunakan terbuat dari bahan pengantar panas (tidak dari bahan isolator yang baik), harga kapasitas kalorimeter sudah diketahui (diukur) sebelum digunakan dan juga turut diperhitungkan.

Eksperimen penentuan perubahan entalpi (ΔH) suatu reaksi melalui pengukuran kalor reaksi ini dapat dilakukan pada pengukuran kalor reaksi penetralan antara 50 mL larutan 2 molar asam klorida (HCl) dan 50 mL larutan 2 molar basa natrium hidroksida (NaOH). Reaksi tidak melibatkan gas, sehingga praktis tidak terjadi perubahan volum sistem atau reaksi terjadi pada volum dan tekanan tetap. ΔH untuk reaksi yang melibatkan perubahan volum (misalnya melibatkan pembentukan gas) juga mencakup besar kerja (energi) yang terlibat dalam sistem reaksi di samping kalor reaksi. Harga massa jenis larutan dalam air untuk dua molar ke bawah seperti larutan 2 molar HCl maupun larutan 2 molar NaOH umumnya mendekati satu. Prosedur pengukuran kalor reaksi hampir sama dengan pengukuran perpindahan kalor pada penentuan kapasitas kalorimeter. Agar lebih praktis, semua reaktan dan kalorimeter dibuat bersuhu awal yang sama misal pada suhu kamar (dengan cara merendam bersama semua **gelas kimia** yang berisi reaktan larutan asam dan reaktan larutan basa dalam sebuah penangas air bersuhu kamar hingga berkesetimbangan). Suhu awal kalorimeter juga sama pada suhu kamar.

Suhu awal ideal kesetimbangan campuran antara kelompok-kelompok yang mempertukarkan panas dalam reaksi kimia semakin sulit (tidak dapat diukur langsung), bahkan untuk reaksi yang cepat pun (memerlukan waktu hingga reaksi selesai). Penentuan suhu awal ideal kesetimbangan diperoleh melalui perpotongan dua plot garis lurus dari variasi suhu hasil secara berkelanjutan dengan interval waktu (misalnya 30 detik). Suhu awal ideal kesetimbangan tersebut terjadi di sebelah kanan sumbu Y. Saat kesetimbangan termal ideal awal berlaku hukum kekekalan energi seperti yang terwujud dalam hukum I termodinamika. Kalor reaksi yang dilepas oleh reaksi eksotermal (komponen pelepas panas) seluruhnya diserap oleh komponen awal lingkungan yang kontak langsung dengan reaksi yakni pelarut, produk, dan kalorimeter. Jika menggunakan bahan kalorimeter yang tidak menyerap/melepas panas (seperti plastik), kapasitas panas kalorimeter sering diabaikan.

1. Mengamati (M1) paragraf latar fenomena dan/atau pengalaman di sekitar butir-butir pengetahuan faktual dan prosedural (atau prosedur) yang perlu dicatat untuk merumuskan masalah investigasi, hipotesis, dan pengumpulan data dalam membangun pengetahuan ilmiah tentang kapasitas kalorimeter adalah sebagai berikut (isi tabel)!

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 panas reaksi penetralan asam-basa!

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 sesuai dengan rumusan hipotesis

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

Hipotesis	V. bebas	V. terikat		V. kontrol
.....	Reaksi termokimia	$q = \sum m \times C_p \times \Delta t$	ΔH	Pada tekanan dan volume tetap
	Reaksi termokimia	q	$W = p \cdot \Delta V$ ΔH	Pada tekanan tetap

Keterangan: m merupakan massa dari komponen-komponen integral yang bertransfer kalor/panas dengan kelompok komponen reaksi yakni larutan produk dan kalorimeter. Untuk kalorimeter $m \times C_p =$ kapasitas kalorimeter.

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.

Hipotesis	VB	VT		VK	
	50 mL 2,0M NaOH _(aq) + 50 mL 2,0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl _(aq) + 100 mmol H ₂ O	$q = \sum m \times C_p \times \Delta t = \dots$	$\Delta H = \dots$ kkal/mol	Tekanan dan volume tetap	
	50 mL 1.0M NaOH _(aq) + 50 mL 1,0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl _(aq) + 50 mmol H ₂ O	$q = \sum m \times C_p \times \Delta t = \dots$	$\Delta H = \dots$ kkal/mol		
	...				
	50 mL 2.0 M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 2.0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl + 100 mmol CO _{2(g)} + 100 mmol H ₂ O _(l)	q = ...	$W = p \cdot \Delta V = \dots$	$\Delta H = \dots$ kkal/mol	Tekanan tetap
	50 mL 1.0 M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 1.0 M HCl _(aq) → 100 mL 0.5 M NaCl + 50 mmol CO _{2(g)} + 50 mmol H ₂ O _(l)	q = ...	$W = p \cdot \Delta V = \dots$	$\Delta H = \dots$ kkal/mol	
	...				

Keterangan: rekaman video pengambilan data hanya dilakukan untuk reaksi 50 mL 2.0M NaOH_(aq) + 50 mL 2,0 M HCl_(aq). Pengambilan data untuk sampel lain bisa dilakukan atau menggunakan data yang sudah ada dari sumber pustaka.

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.

Prosedur pengambilan data eksperimen
1.
2.
..



<https://youtu.be/BhoCpY3PTfo>

2) Format/tabel hasil pengamatan

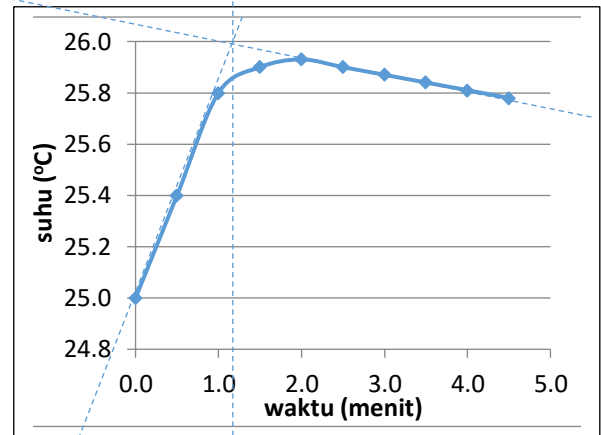
Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan pembuktian hipotesis atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam 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/BhoCpY3PTfo>).

Hasil pencampuran 50 mL larutan 2M HCl dan 50 mL larutan 2 M NaOH dalam kalorimeter dengan suhu awal pencampuran semua komponen 25°C mendapatkan hasil pengukuran suhu campuran reaksi disajikan dalam tabel dan gambar berikut, dengan suhu kesetimbangan termal awal campuran reaksi 25.9°C terjadi sekitar 1.1 menit.

Waktu (menit)	Suhu (°C)
0.0	25.0
0.5	25.4
1.0	25.8
1.5	25.9
2.0	25.9
2.5	25.9
3.0	25.9
3.5	25.8
4.0	25.8
4.5	25.8



4. Mengasosiasi

Pada tahapan mengasosiasi, diharapkan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini melalui data yang telah diperoleh dalam tabel di bagian mengumpulkan data, sehingga dapat mengkonfirmasi kebenaran rumusan hipotesis yang dibuat dan mempersiapkan untuk dapat mempresentasikan hasil dengan baik! Rumusan hipotesis untuk kalor atau ΔH reaksi “.....”.

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 awal reaktan (sistem) dan lingkungan (kalorimeter dan larutan) sama yakni ...°C dan suhu awal ideal kesetimbangan campuran reaksi (perpotongan dua garis lurus dari plot suhu terhadap interval waktu) adalah ... °C.
-
- Saat kesetimbangan termal ideal awal campuran reaksi berlaku hukum kekekalan energi. Kalor reaksi yang dilepas oleh reaksi eksotermal (komponen pelepas panas) seluruhnya diserap oleh komponen awal lingkungan yang kontak langsung dengan reaksi yakni pelarut, produk, dan kalorimeter (dianggap belum ada panas yang lepas ke atmosfer luar atau lingkungan luar yang berbatasan dengan kalorimeter. Saat kesetimbangan termal awal ideal campuran reaksi tersebut, transfer panas reaksi sesuai dengan hukum I termodinamika. Setelah suhu kesetimbangan antar kedua kelompok yang mempertukarkan kalor dalam reaksi, seperti dalam penentuan kapasitas kalorimeter selanjutnya akan terjadi perpindahan kalor/panas dari keseluruhan materi dalam kalorimeter ke atmosfer lingkungan dengan penurunan (jika reaksi eksotermal) atau kenaikan suhu (jika reaksi endotermal) sebanding

dengan waktu yang mampu membantu menentukan suhu awal ideal kesetimbangan termal campuran reaksi kimia tersebut. Jika menggunakan bahan kalorimeter yang tidak menyerap/melepas panas (seperti plastik), kapasitas panas kalorimeter sering diabaikan.

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 $q = m \times C_p \times \Delta t$. Tabel pembuktian ketiga hipotesis dalam *micro learning* ini disajikan dalam Tabel T-1.4.

Tabel TK-1.4.1 Pengolahan data (contoh)

Hi p.	VB		VT		VK	P. pra-syarat
	Reaksi termokimia	W (+ utk $\Delta V < 0$; - untuk $\Delta V > 0$) = .. kal/mol	q (+ utk menerima, - utk melepas) = .. kal/mol	ΔH (+ utk endo & - utk eksotermal) = ... kal/mol		
	**50 gr larutan HCl 2M direaksikan dengan 50 gram larutan NaOH 2 M dengan suhu awal semua komponen 25°C, suhu campuran 35.99°C, dengan massa jenis mendekati 1 gram per mL kandung HCl= NaOH= ~0,1 mol (reaksi tidak menghasilkan gas - volume sistem tetap)	0	-1361.3 kal	-1.361 kkal	• P & V tetap	• Hukum TD I • $w = p \cdot \Delta V$ $P \cdot V = nRT$
	50 gram 0,100M $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ + 50 gr 0,100M $\text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow$ 100 gr 0,050 M $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ + H_2O	0				
	50 mL 0,100M $\text{Na}_2\text{CO}_3_{(aq)}$ + 50 mL 0,200M $\text{Cl}_{(aq)} \rightarrow$ 2NaCl + $\text{CO}_2_{(g)}$ + $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	1,12 liter			P tetap 1 atm	
	0,04 gram $\text{MgO}_{(s)}$ + 100 mL 0,100M $\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow$ 100 gr 0,050 M $\text{MgCl}_2_{(aq)}$ + $\text{H}_2_{(g)}$	2,24 liter				

Interpretasi: data hasil eksperimen dalam tabel di atas adalah bahwa“.....”

- Perhitungan ΔH melibatkan kalor yang terukur dan usaha (kerja) yang terlibat dalam sistem, dengan hubungan sebagai berikut.

Simpulan:

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

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](#)) ini. 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.

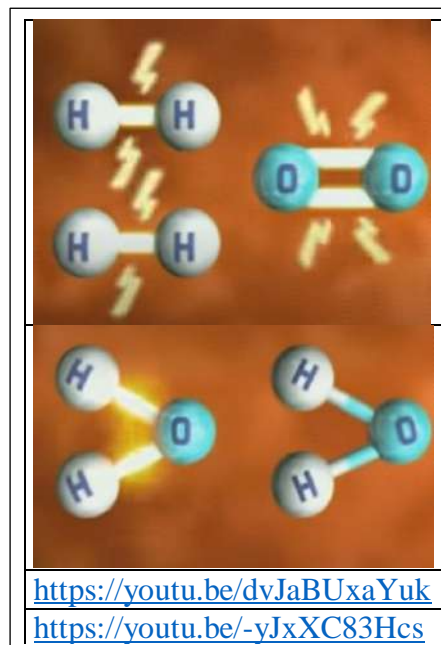
b. Teks *micro learning* induktif skala pH

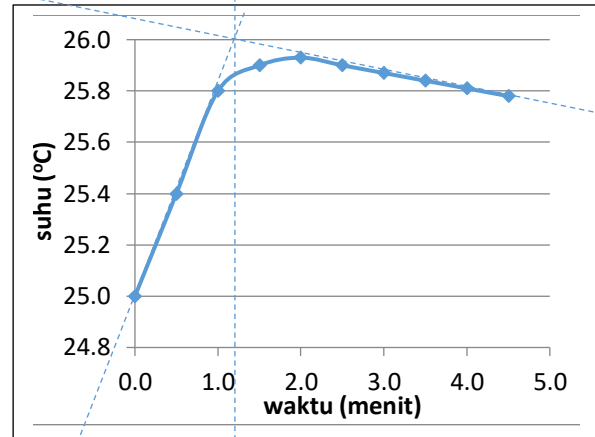
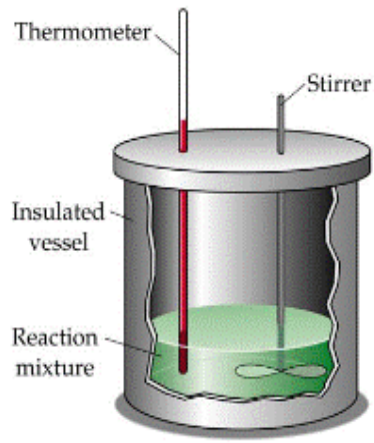
Fenomena (lihat lembar kerja)

Fenomena kalor reaksi atau perubahan entalpi reaksi dalam lembar kerja cukup mengarahkan pada konstruksi konsepsi ilmiah tentang kalor dan ΔH reaksi. Energi dalam reaksi kimia dilibatkan dalam pemutusan ikatan kimia (penyerapan energi) dan pembentukan ikatan (pelepasan energi). Kapasitas kalorimeter ditentukan/diukur sebelum digunakan untuk mengukur kalor reaksi.

Butir-butir informasi awal diperlukan untuk mengkonstruksi konsepsi ilmiah kalor reaksi atau ΔH reaksi penetralan asam basa. Informasi tersebut meliputi: (1) reaksi kimia antara larutan HCl dan larutan NaOH terbuka dan tidak melibatkan gas, sehingga praktis tidak terjadi perubahan volume sistem atau reaksi terjadi pada volume dan tekanan tetap, (2) reaksi lain seperti natrium karbonat dengan asam klorida menghasilkan gas CO_2 yang melibatkan sistem melakukan kerja (usaha sebesar $P \times \Delta V$), (3) harga massa jenis larutan dalam air 2 molar ke bawah seperti larutan 2 molar HCl maupun larutan 2 molar NaOH mendekati satu, sehingga massa larutan dianggap sama dengan volumenya, (4) kapasitas kalorimeter sebesar, (5) suhu awal sistem dan lingkungan sama (=suhu kamar ketika peristiwa terjadi), (6) pengukuran suhu awal kesetimbangan campuran reaksi ditentukan dengan metode elaborasi grafik garis lurus suhu terhadap waktu, dan (7) ΔH dapat ditentukan melalui penerapan hukum I termodinamika.

Suhu ideal kesetimbangan campuran awal reaksi termokimia ditetapkan melalui elaborasi grafik garis lurus. tersebut merupakan suhu kesetimbangan komponen pelepas panas dan penerima panas dalam termokimia. Reaksi termokimia penetralan asam-basa tergolong eksotermal. Kelompok komponen yang melepaskan panas adalah partikel-partikel zat-zat reaktan, sedangkan kelompok komponen yang menerima panas terdiri dari pelarut, partikel-partikel zat produk, dan kalorimeter.





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 kalor reaksi atau ΔH reaksi untuk reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan untuk reaksi pada tekanan tetap”?

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 “ ΔH reaksi merupakan kalor reaksi untuk sistem reaksi pada volum dan tekanan tetap, dan merupakan total kalor reaksi dan usaha (kerja) untuk sistem reaksi pada tekanan tetap (terjadi perubahan volume sistem)”. Kerja berharga negatif jika sistem melakukan kerja (volum bertambah)

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 reaksi kimia dan keterlibatan perubahan volum (kerja/usaha pada sistem reaksi) sebagai VB, kalor reaksi (melalui perubahan suhu) dan perubahan entalpi sebagai VT, suatu reaksi kimia/peristiwa dan situasinya pada volum dan tekanan tetap atau pada tekanan tetap sebagai VK.

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 lembar kerja fase awal M3.

Hipotesis	VB	VT		VK
	50 mL 2,0M NaOH _(aq) + 50 mL 2,0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl _(aq) + 100 mmol H ₂ O	q = Σ m x Cp x Δt = ...	ΔH = ... kkal/mol	Tekanan dan volume tetap
	50 mL 1,0M NaOH _(aq) + 50 mL 1,0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl _(aq) + 50 mmol H ₂ O	q = Σ m x Cp x Δt = ...	ΔH = ... kkal/mol	
	...			
	50 mL 2,0 M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 2,0 M HCl _(aq) → 100 mL 1,0 M NaCl + 100 mmol CO _{2(g)} + 100 mmol H ₂ O _(l)	q = ...	W = p. ΔV = ...	Tekanan tetap
	50 mL 1,0 M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 1,0 M HCl _(aq) → 100 mL 0,5 M NaCl + 50 mmol CO _{2(g)} + 50 mmol H ₂ O _(l)	q = ...	W = p. ΔV = ...	
	...			

Keterangan: rekaman video pengambilan data hanya dilakukan untuk reaksi 50 mL 2,0M NaOH_(aq) + 50 mL 2,0 M HCl_(aq). Pengambilan data untuk sampel lain bisa dilakukan atau menggunakan data yang sudah ada dari sumber pustaka.

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 Larutan asam kuat 2 molar dan larutan basa kuat 2 molar

Prosedur kerja

Para kerja pengukuran kalor reaksi penetralan asam dan basa yang tidak melibatkan perubahan volum (tidak melibatkan gas) sama dengan menggunakan sebuah kalorimeter tidak jauh berbeda dengan pengukuran kapasitas kalorimeter. Hanya saja kapasitas kalorimeter sebelumnya sudah ditetapkan dan agar lebih praktis suhu awal reaktan dan kalorimeter dibuat sama dengan suhu kamar dengan bantuan penangas air pada suhu kamar. Jika kalorimeter dan bahan sudah siap, langkah-langkah utama sebagai berikut. (i) Sebanyak 50 gram larutan asam kuat hidrogen klorida **2 molar** dimasukkan ke dalam kalorimeter dan diukur suhunya yang stabil, kemudian ditambah 50 gram larutan basa kuat natrium hidroksida **2 molar** (meskipun suhu awalnya sudah disamakan, ingat catat lagi suhu sebelum direaksikan), diaduk sedikit setiap menjelang pencatatan suhu dengan interval waktu 30 detik secara berkelanjutan. (ii) Selanjutnya dilakukan penentuan suhu kesetimbangan awal hasil reaksi penetralan dengan menggunakan metode ekstrapolasi grafik garis lurus suhu terhadap waktu (seperti dalam penentuan suhu kesetimbangan pada penentuan kapasitas kalorimetr. Namun suhu awal kesetimbangan termal reaksi tidak di sumbu ordinat **Y**, tetapi lebih ke dalam (ke kanan) sebagai perpotongan dua garis lurus dengan gradien berlawanan (menanjak dan menurun) untuk jenis reaksi eksotermal. Peningkatan garis lurus (reaksi eksotermal) pada bagian awal terjadi lebih tajam dan pendek (baik jika reaksi cepat selesai), sedangkan garis lurus bagian kedua menurun (untuk reaksi eksotermal) biasanya lebih landai yang bergantung pada perbedaan suhu campuran reaksi dengan udara luar). Tautan <https://youtu.be/BhoCpY3PTfo> menyajikan video pengukuran kalor reaksi penetralan asam klorida dan basa natrium hidroksida.

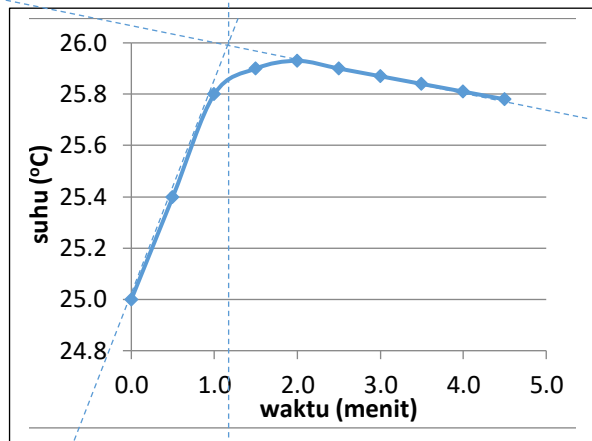
Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Namun akan baik juga jika menggunakan tabel rancangan pembuktian hipotesis ditambah kolom catatan lain yang mungkin penting. Tabel 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 mL larutan 2M HCl dan 50 mL larutan 2 M NaOH dalam kalorimeter dengan suhu awal pencampuran semua komponen 25°C mendapatkan hasil pengukuran suhu campuran reaksi disajikan dalam tabel dan gambar berikut, dengan suhu kesetimbangan termal awal campuran reaksi 25.9°C terjadi sekitar 1.1 menit.



Waktu (menit)	Suhu (°C)
0.0	25.0
0.5	25.4
1.0	25.8
1.5	25.9
2.0	25.9
2.5	25.9
3.0	25.9
3.5	25.8
4.0	25.8



Gambar TK-1.3.1 Kurva suhu terhadap waktu

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 kalorieter) menggunakan Black's principle yakni rumus $q = m \times C_p \times \Delta t$. C_p merupakan kalor atau pans 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	VB		VT		VK	P. prasyarat
	Reaksi termokimia	W (+ utk $\Delta V < 0$; - untuk $\Delta V > 0$) = .. kal/mol	q (+ utk menerima, - utk melepas) = .. kal/mol	ΔH (+ utk endo & - utk eksotermal) = ... kal/mol		
	**50 mL larutan HCl 2M direaksikan dengan 50 mL larutan NaOH 2 M dengan suhu awal semua komponen 25°C, suhu campuran 25.99 °C, dengan massa jenis mendekati 1 gram per mL kandung HCl= NaOH= ~0,1 mol (reaksi tidak menghasilkan gas - volume sistem tetap)	0	-1361.3 kal	-1.361 kkal	• P & V tetap	• Hukum TD I • $w = p \cdot \Delta V$ • $P \cdot V = nRT$
	50 mL larutan HCl 1 M direaksikan dengan 50 mL larutan NaOH 1 M dengan suhu awal semua komponen 25°C, suhu campuran ... °C, dengan massa jenis mendekati 1 gram per mL kandung HCl= NaOH= ~0,05 mol (reaksi tidak menghasilkan gas - volume sistem tetap)	0	-680.5 kal	-1.355 kkal		

50 mL 2,0M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 2,0M HCl _(aq) → 2NaCl + CO _{2(g)} + H ₂ O _(l)	1,12 liter.atm				P tetap 1 atm
50 mL 1,0M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 1,0M Cl _(aq) → 2NaCl + CO _{2(g)} + H ₂ O _(l)	0,56 liter. atm				

Keterangan: secara teoritik ΔH reaksi penetralan NaOH dan HCl adalah

Interpretasi dari hasil pengolahan dan analisis data dalam tabel di atas adalah DH suatu reaksi cenderung sama dengan kalor reaksi untuk sistem reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan sama dengan total klaor reaksi dan usaha yang dilibatkan untuk sistem reaksi pada tekanan tetap.

Pembahasan

Pada situasi ambian (atmosfir normal), reaksi umumnya terjadi pada tekanan tetap dengan volume bisa tetap atau berubah. Kalor reaksi pada volume tetap ($q_{v(\text{rxn})}$) yang didapat dari hasil pengukuran sistem pada tekanan tetap tidak melibatkan perubahan volumen adalah sama dengan perubahan energi dalam sistem ($w = P \cdot \Delta V = 0$) . Dari hukum pertama termodinamika (TD I).

$$\begin{aligned}\Delta U &= q_{v(\text{rxn})} + w \\ &= q_{v(\text{rxn})} + P \cdot \Delta V \text{ dimana} \\ &= q_{v(\text{rxn})}\end{aligned}$$

Pengukuran kalor reaksi yang mengontrol volume tetap biasanya menggunakan *bomb colorimeter* (jika reaksi melibatkan gas, volume sistem dibuat tetap). Tentu saja kalor reaksi tidak akan sama dengan perubahan energi dalam jika sistem reaksi melibatkan perubahan volume yang umumnya terjadi pada reaksi yang melibatkan perubahan zat fase padat/cair dan gas. Kalor reaksi pada tekanan tetap yang melibatkan perubahan volume, perubahan energi dalam harus memperhitungkan energi yang terlibat dalam usaha yang dilakukan sistem (pertambahan volume) atau dilakukan oleh lingkungan kepada sistem (pengurangan volume sistem).

Sayang panas atau kalor reaksi yang dapat diukur tidak merupakan fungsi keadaan, sementara **energi dalam** merupakan fungsi keadaan yang aspek-aspeknya rumit dan sulit diukur. Reaksi kimia dapat melibatkan tahap-tahap reaksi dan bahkan bisa membentuk siklus yang melibatkan besaran fungsi keadaan. Makna sebuah besaran sebagai fungsi keadaan dapat dimengerti pada contoh besaran fungsi keadaan ketinggian (di tempat yang sama ketinggiannya sama) yang berbeda dengan besaran jarak tempuh yang dapat bervariasi. Ketinggian bukit yang sama sering memerlukan jarak tempuh berbeda untuk mencapainya, bergantung pada jalan yang ditempuh apakah jalan lurus menanjak (pendek) atau jalan miring berliku (lebih panjang/jauh).

Eltalpi merupakan salah satu fungsi keadaan yang menyatakan hubungan energi dalam bentuk kalor dan juga dengan peubahan volume sistem dalam tekanan tetap. Jika pada tekan tetap dan volume tetap $\Delta U=q_v$, sedangkan pada tekanan tetap dan volume berubah $\Delta U= q_v = q_p + w$, dimana artinya sebagian dari q_v (kalor reaksi pada P dan V yang tetap) terkonversi dalam bentuk usaha di samping sebagai q_p (kalor reaksi pada

tekanan tetap).

$$q_v = q_p + w$$

Dengan $\Delta U = q_v$ dan sistem melakukan usaha $w = -P\Delta V$, dari hukum TD I,

$$\Delta U = q_p - P\Delta V$$

$$q_p = \Delta U + P\Delta V$$

$$*q_p = \Delta U + P\Delta V$$

Entalpi merupakan **satu fungsi keadaan** yang melibatkan hubungan perubahan energi dalam dengan perubahan volume pada tekanan tetap ($\Delta U + P\Delta V$) yang dikenal dengan entalpi (H), dimana $\Delta H =$ entalpi akhir (H_f) dikurangi entalpi awal (H_i) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta H &= H_f - H_i = U_f - H_i = (U_f + P_f V_f) - (U_i + P_i V_i) \\ &= (U_f - U_i) + (P_f V_f - P_i V_i)\end{aligned}$$

Jika sistem dengan suhu dan tekanan tetap, maka $P_i = P_f = P$ dan

$$\Delta H = \Delta U + P(V_f - V_i)$$

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

$$*\Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

Kalor reaksi yang diukur dengan memperhitungkan ($m \times C_p \times \Delta t$) pada **tekanan dan volume tetap berupa q_v** , yakni $\Delta U = \Delta H = q_v =$ energi yang dilepas/diterima (terlibat) dalam reaksi kimia. Sementara reaksi pada tekanan tetap yang melibatkan perubahan volume, energi yang diterima/dilepas (terlibat) dalam reaksi kimia sama dengan ΔH , tidak hanya panas yang terukur dan dihitung dengan rumus $m \times C_p \times \Delta t$, tetapi mencakup energi yang terlibat dalam usaha (perubahan volume). Hasil pengukuran q_p yang terukur dengan kalorimeter **model cup** dalam yang dihitung dengan $m \times C_p \times \Delta t$, cenderung mewakili ΔU (tidak ΔH yang analog dengan q_p dalam persamaan bertanda * di atas). Karena kerancuan ini, perubahan energi suatu reaksi kimia yang nanti ada hubungannya dengan perubahan energi ikatan dari zat-zat yang terlibat dalam reaksi tersebut diperhitungkan dalam bentuk ΔH (tidak kalor reaksi saja) yang terukur sebagai $m \times C_p \times \Delta t$ dari reaksi itu.

Kalor yang terukur melalui **model cup** (yang terindikasi hanya oleh Δt) pada tekanan tetap (baik pada volume tetap atau berubah) cenderung mengindikasikan ΔU yang terutama sejalan dengan perubahan suhu benda. Sekilas refleksi faktual untuk kalor dari suatu reaksi yang terukur dengan kalorimetri **model cup** (maka $m \times C_p \Delta t$ tanpa tanda +/-), kecuali usaha untuk sistem melakukan usaha yakni volume sistem bertambah (ΔV positif) dan pada sistem dilakukan kerja/usaha yakni volume sistem berkurang (ΔV negatif), beberapa kemungkinan harga $m \times C_p$ maka $m \times C_p \Delta t$ yang terukur dalam suatu reaksi dengan menggunakan kalorimeter **model cup** sebagai berikut.

Untuk reaksi eksotermal:

- sistem tidak melibatkan usaha ($\Delta V = 0$), maka $m \times C_p \Delta t = \Delta U = \Delta H$
- sistem melakukan usaha ($\Delta V > 0$ atau usaha positif), tanpa memperhatikan tanda (hanya angka atau harga mutlak ΔH), maka $m \times C_p \Delta t < \Delta H$
- sistem dilakukan usaha ($\Delta V < 0$ atau usaha negatif), tanpa memperhatikan tanda (hanya angka atau harga mutlak ΔH), maka $m \times C_p \Delta t > \Delta H$

Untuk reaksi endotermal:

- a) sistem tidak melibatkan usaha ($\Delta V = 0$), maka $m \times C_p \Delta t = \Delta U = \Delta H$
- b) sistem melakukan usaha ($\Delta V > 0$ atau usaha positif), tanpa memperhatikan tanda (hanya angka atau harga mutlak ΔH), maka $m \times C_p \Delta t > \Delta H$
- c) sistem dilakukan usaha ($\Delta V < 0$ atau usaha negatif), tanpa memperhatikan tanda (hanya angka atau harga mutlak ΔH), maka $m \times C_p \Delta t < \Delta H$

Meskipun besaran harga $m \times C_p \times \Delta t$ sebagai kalor yang terukur dengan menggunakan kalorimeter **model cup** memberikan fenomena makroskopik yang lebih mudah dirasakan secara fisik, tetapi rumit digunakan secara konseptual dalam konteks mengikuti hukum kekekalan energi. Untuk mengukur ΔH reaksi yang melibatkan gas (yang dapat disertai perubahan volume), pengukuran kalor reaksi dilakukan dengan *bomb calorimeter* dimana kalorimeter didesain dan dikondisikan (dibuat/dilaksanakan) sehingga reaksi dapat dianggap terjadi pada volum tetap. Dengan demikian, kalor reaksi yang terukur dengan *bomb calorimeter* akan sama dengan ΔH dan sama juga dengan ΔU .

Konsepsi ilmiah yang ditemukan adalah “perubahan entalpi dari suatu reaksi kimia sama dengan kalor yang dilepas/diterima reaksi tersebut pada tekanan dan volume tetap, atau sama dengan total kalor yang diterima/dilepas dan usaha yang dilibatkan pada tekanan tetap sebagai manifestasi hukum kekekalan energi”. Informasi awal sebagai latar belakangnya berupa kalor reaksi pada tekanan dan volum tetap, kalor reaksi pada tekanan tetap, kalor reaksi (tidak fungsi keadaan), perubahan entalpi sebagai fungsi keadaan lebih umum digunakan menggambarkan potensi peristiwa kimia dari kalor reaksi, reaksi eksotermal, reaksi endotermal, dan hukum I termodinamika sebagai manifestasi dari hukum kekekalan energi. Informasi awal tersebut membawa pada rumusan masalah “bagaimana kalor reaksi atau ΔH reaksi untuk reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan untuk reaksi pada tekanan tetap”? Konsekuensi hipotesisnya dan rancangan pembuktiannya telah mendukung terhadap temuan tersebut. Perubahan energi yang terlibat dalam reaksi kimia tidak hanya dalam bentuk transfer panas (kalor). Banyak reaksi kimia terutama yang melibatkan pada tekanan tetap terjadi perubahan volum. Perubahan volum pada tekanan tetap melibatkan energi dalam bentuk usaha sebesar besar tekanan kali perubahan volum. Hukum I termodinamika menemukan hubungan antara kalor dan usaha yang berupa entalpi sebagai total perpindahan kalor dan usaha dalam sistem. Perubahan entalpi memberikan gambaran yang lebih luas dalam reaksi kimia dibanding dengan kalor.

Konsepsi ilmiah memiliki manfaat besar dalam memahami peristiwa alam yang banyak saling terkait dan semestinya 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 strategi 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 ke dalam 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
ΔH reaksi merupakan kalor reaksi untuk sistem reaksi pada volum dan tekanan tetap, dan merupakan total kalor reaksi dan usaha (kerja) untuk sistem reaksi pada tekanan tetap	•			•	•	•	•

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 !

1. Pengukuran kalor reaksi penetralan antara larutan NaOH (basa) dan larutan HCl (asam) dilakukan dengan mereaksikan 50 gram larutan NaOH 2M dan 50 gram larutan HCl 2M di dalam kalorimeter dengan kapasitas kalor 37,5 kalori per °C. Suhu awal semua komponen (reaktan dan kalorimeter) 25°C. Suhu campuran reaksi diamati setiap 30 detik mulai dari saat pencampuran. Dengan metode ekstrapolasi grafik suhu terhadap waktu pengamatan diperoleh suhu hasil reaksi yang mendekati *Black' principle* adalah 25,99°C. Pernyataan yang paling benar adalah ...
 - A. hanya peningkatan suhu yang diamati (diobservasi) dalam eksperimen, maka tidak berlaku hukum kekekalan energi
 - B. jenis dan jumlah partikel-partikel reaktan yang bereaksi merupakan VB (variabel bebas)
 - C. perubahan suhu sebagai variabel terikat
 - D. jawaban A, B, dan C benar
 - E. jawaban B dan C benar
2. Dalam percobaan pengukuran transfer panas pada reaksi penetralan larutan 50 mL 2,00 molar HCl dengan 50 mL 2,00 molar NaOH, data yang diperoleh berupa suhu awal larutan 26,9°C, suhu maksimum larutan campuran hasil reaksi yang terukur 39,9°C, massa jenis larutan NaCl yang dihasilkan 1,04 g/mL, dan kalor jenis dari larutan 1,00 molar NaCl sebesar 3,93 J/(g.K), dan ΔH reaksi penetralan larutan adalah -57,32 kJ/mol. Hasil eksperimen mendekati data teoritis dari reaksi penetralan larutan 50 mL 2,00 molar HCl dengan 50 mL 2,00 molar NaOH adalah ...
 - A. perubahan suhu sistem 13°C, kalor yang diserap oleh komponen lingkungan larutan 5,31 kJ, dan kapasitas kalorimeter 32.5 joule/°C
 - B. kapasitas panas kalorimeter dapat diabaikan dan kalor yang diserap oleh larutan NaCl hasil 5,732 kJ
 - C. kalor reaksi penetralan larutan HCl dan NaOH adalah 5,732kJ dan kapasitas kalorimeter 32.5 joule/°C
 - D. jawaban A dan B benar
 - E. jawaban A dan C benar.