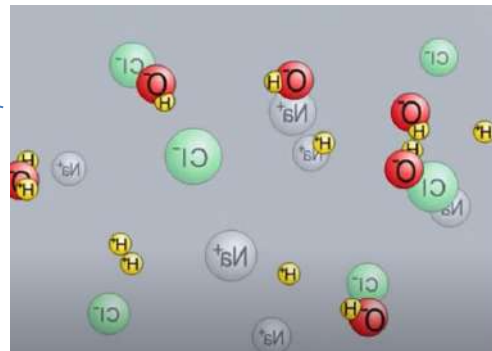
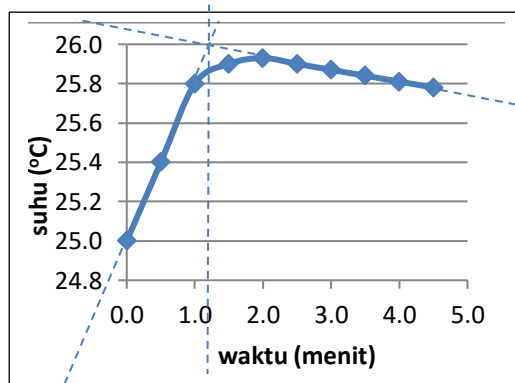
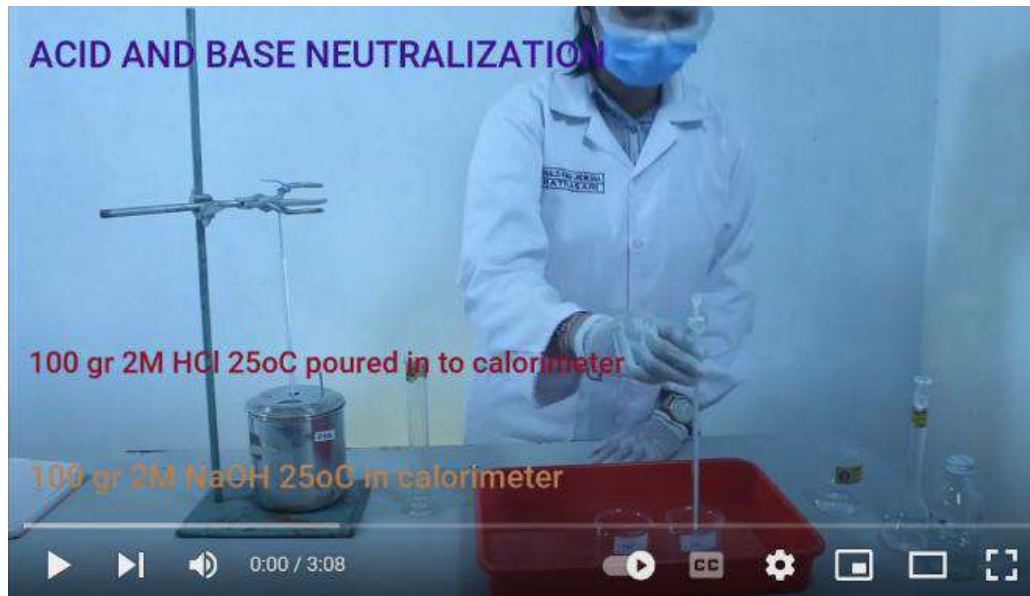


Modul *E-learning* Kimia Dasar dengan Bantuan Video Eksperimen

Unit Tk-1: Termokimia Bagian I



I. B. N. Sudria, I W. Redhana, I W. Suja

Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha

Singaraja

2022

Pendaftaran ciptaan no. EC00202295360 dan pencatan no. 000411104, 27 November 2022

PRAKATA

Pengembang memanjatkan puji dan syukur ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat-Nya prototipe “Modul *E-learning* Kimia Dasar Berbantuan Video Eksperimen” ini dapat diselesaikan dengan baik dalam rangka kontribusi aktif mewujudkan *scientific literacy*. Prototipe ini diperlukan dalam mengarahkan pembuatan perangkat pembelajaran yang menjamin realisasi belajar dengan pendekatan ilmiah terutama dalam belajar hanya melalui daring. Produk yang dihasilkan dengan mengikuti prototipe ini, merupakan solusi ketersediaan perangkat belajar yang konsisten mengikuti belajar dengan pendekatan ilmiah. Jika pembelajaran hanya melalui daring, video eksperimen merupakan rekaman demonstrasi pelaksanaan pengumpulan data eksperimen sesuai sasaran. Namun jika pembelajaran melalui luring, *blended* atau *hybrid learning*, kehadiran video eksperimen bisa diperankan di awal sebagai *preview* agar dapat melakukan eksperimen lebih cepat dan efektif dan/atau di akhir sebagai pembanding atau penegasan kegiatan dan data eksperimen pokok yang diharapkan.

Belajar dengan pendekatan ilmiah (PBI) menekankan pada belajar melalui penemuan sendiri secara ilmiah atau *inquiry* (AAAS, 1993; Rutherford, 1993). Bagi pemula, belajar melalui investigasi memerlukan konsistensi penggunaan penalaran penemuan. Konsisten PBI mengikuti fase-fase kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasi sesuai dengan rekomendasi kurikulum perlu diupayakan agar usaha membangun keterampilan proses dapat berhasil dengan baik. Modul diupayakan mengikuti penalaran dasar ilmiah induktif.

Setiap unit modul *e-learning* konsisten mengikuti pendekatan ilmiah yang melibatkan fase mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasi (5M). Organisasi prototipe unit modul terdiri dari komponen pokok (a) lembar kegiatan (*worksheet*) peserta belajar, (b) teks materi pelajaran yang mengikuti organisasi lembar kegiatan, dan (c) sistem penilaian. Satu unit modul dirancang rata-rata untuk alokasi waktu satu minggu dengan bobot 3 sks belajar terintegrasi eksperimen dan teori, yakni 170 menit kegiatan eksperimen (penyamaan persepsi rancangan investigasi, pengumpulan data dan analisis pembuktian hipotesis), kemudian 70 menit waktu tatap muka teori dilakukan berupa diskusi kelas penyamaan persepsi data hasil eksperimen dan penegasan kajian teori yang terkait sesuai dengan isi pelajaran (konsep ilmiah) sasaran. Alokasi waktu tatap muka sisa 30 menit digunakan untuk mengerjakan tes formatif (pasca-tes) untuk unit modul bersangkutan yang dapat dilakukan pada awal pertemuan minggu berikutnya (30 menit setiap awal kuliah tatap muka dapat diprogramkan untuk pelaksanaan tes formatif untuk kajian unit modul sebelumnya). Sementara 120 tugas terstruktur dan 120 menit tugas mandiri secara keseluruhan sudah mencakup tugas kelompok (terutama penyempurnaan isian lembar kerja) dan tugas perorangan (terutama latihan soal-soal). Distribusi penggunaan alokasi waktu pengerjaan tugas disarankan meliputi 60 menit tugas perorangan terstruktur penyiapan rancangan investigasi (tugas pra-tatap muka), 60 menit tugas kelompok terstruktur penyempurnaan isian lembar kerja pasca kuliah tatap muka, dan 120 menit tugas mandiri latihan soal dan lainnya sesuai kebutuhan subjek belajar.

Setiap unit modul diawali dengan paragraf fenomena sebagai deskripsi latar konteks objek belajar yang cukup berisi informasi awal faktual dan konsepsi prasyarat minimal untuk didaftar sebagai hasil pengamatan awal. Kelengkapan informasi awal faktual berkontribusi pada kecenderungan akan kesuksesan melakukan tahapan-tahapan kerja ilmiah selanjutnya yakni merumuskan masalah investigasi, merumuskan hipotesis, membuat rancangan pembuktian investigasi/eksperimen, melaksanakan eksperimen dengan data primer (hasil pengamatan video eksperimen jika hanya daring) dan/atau data sekunder dari sumber pustaka rujukan, menganalisis data dan penyimpulan, serta mengkomunikasikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah yang dilakukan.

Identifikasi pengetahuan awal dalam paragraf fenomena dan dengan dukungan pengamatan alam sekitar yang terkait akan mengarahkan pada inisiatif inkuiri ilmiah atau investigasi dan menuntun perumusan masalah investigasi serta uji hipotesis sebagai komponen kunci dari metode ilmiah (McPherson, 2001). Pelibatan subjek belajar membuat persiapan dalam belajar melalui penemuan sangat diperlukan untuk mengoptimalkan keterlibatan subjek belajar dan juga membangun spirit investigasi. Spirit investigasi tersirat dalam *conscious investigation* atau *investigative-oriented learning* yakni sebuah proses yang mengaktifkan sebuah kesadaran tentang aspek-aspek yang dipelajari dan sekaligus penggunaannya (Tan, M.M.L., 2001). Spirit investigasi merupakan kesadaran siswa sendiri berinvestigasi dan mampu melakukannya. Kegiatan investigasi akan mendukung paradigma belajar yang banyak diikuti sekarang dan ke depan yaitu *student-centered*, *transformative*, *constructivist*, dan *self-directed learning*.

Satu unit model diorganisasikan dalam satu siklus belajar ilmiah 5M. Pada setiap fase 5M disajikan berurutan kegiatan fase tersebut untuk semua konsep yang disasar dalam unit modul itu. Sebagai contoh, unit modul (kluster) Termokimia Bagian I (Tk-1) mengakomodasi tiga konsep ilmiah sasaran. Secara berurutan peserta belajar diminta mencatat butir-butir informasi awal untuk sasaran konsepsi ilmiah 1, 2, dan 3 bersamaan dalam fase mengamati. Demikian juga selanjutnya urutan kegiatan untuk konstruksi konsepsi ilmiah 1, 2, dan 3 bersamaan dilakukan pada setiap fase kegiatan 5M berikutnya. Penyajian satu unit (satu kluster dengan beberapa konsep terkait) dalam satu siklus belajar 5M dengan alokasi waktu seminggu untuk mata pelajaran 3 sks akan lebih efisien jika dibanding setiap siklus 5M dilakukan hanya untuk konstruksi satu (setiap) konsepsi ilmiah sasaran.

Sistem penilaian pada khususnya terutama memberdayakan kinerja (isian) lembar kegiatan, isian tabel rangkuman rumusan pengetahuan faktual, prosedur, pengetahuan konseptual sebab-akibat, dan latihan menjawab soal-soal relevan yang ditemukan dalam buku yang bereputasi internasional dalam rangka aktif terlibat terutama dalam suasana belajar sains global. Bagian lembar kerja dari pengumpulan informasi awal, merumuskan masalah investigasi, merumuskan hipotesis, dan merancang pembuktian hipotesis disarankan sebagai tugas perorangan pra-tatap muka dalam pengamatan awal hingga membuat draf rancangan investigasi (M1-M3 awal), kemudian penyamaan persepsi rancangan investigasi (di awal) dan pengumpulan data melalui kelompok kecil investigasi (di akhir) ketika pertemuan tatap muka maya (jika hanya melalui daring), dan penyempurnaan isian lembar kegiatan sebagai tugas kelompok kecil pasca-tatap muka. Revisi isian lembar kerja setiap unit modul dikumpul paling lambat tiga hari setelah selesai kegiatan tatap muka unit modul yang bersangkutan.

Unit modul ini sebagai contoh dalam prototipe Modul *e-learning* di atas yang kami kembangkan. Prototipe tersebut sudah mendapatkan sertifikat Pendaftaran Ciptaan di Indonesia no. EC00202295360 dan pencatan no. 000411104, 27 November 2022. Keberhasilan ini tidak terlepas dari Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi dan Universitas Pendidikan Ganesha melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan dukungan dana dan kelancaran administrasi pelaksanaan R & D sehingga dihasilkan prototipe modul E-learning dengan bantuan video eksperimen ini. Masukan yang membangun dari semua pihak terus kami harapkan untuk penyempurnaan. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih, semoga prototipe Modul E-learning ini berguna seperti yang diharapkan.

Singaraja, 26 November 2022
Pengembang,



Dr. I. B. N. Sudria, M.Sc.

BAB I TERMOKIMIA (Bagian I: Unit Modul TK-1)

Isi dan organisasi keseluruhan modul kuliah Kimia Dasar II

Deskripsi ringkas isi dan organisasi keseluruhan modul hanya disajikan pada awal Bab I. Cakupan isi kuliah Kimia Dasar II yang mengintegrasikan 2 sks teori dan 1 sks praktikum (total bobot 3 sks) yakni 270 menit tatap muka (termasuk praktikum di laboratorium) 120 menit tugas terstruktur dan 120 tugas mandiri per minggu. Capaian umum setiap topik berupa konstruksi konsepsi-konsepsi ilmiah dengan memberdayakan pengetahuan faktual, prosedur ilmiah 5M, pengetahuan konseptual sebab-akibat, dan metakognitif terkait. Konstruksi konsepsi-konsepsi ilmiah isi utama CPP secara tidak langsung memfasilitasi hampir semua capaian pembelajaran sikap (CPS) dan keterampilan umum (CPKU). Rincian isi keseluruhan CPS, CPKU, dan CPP telah disajikan dalam sesi Pendahuluan. Untuk mengurangi penulisan hal yang cenderung berulang dalam setiap topik, hanya butir-butir CPP dan tujuan-tujuan kuliah yang mengindikasikan indikator CPP disajikan dalam setiap topik.

Topik kajian kimia Dasar terdiri dari lima topik yaitu topik termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, larutan, dan redoks. Satu bab modul mengkaji sebuah topik. Lebih lanjut setiap bab/topik terdiri dari beberapa unit modul. Satu unit modul menerapkan sebuah siklus ilmiah 5M (mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi data, dan mengkomunikasi) yang mengakomodasi satu kluster pembelajaran. Satu kluster atau unit modul (Dick and Carey, 1985) diupayakan mengakomodasi sekitar 2-3 konsep sasaran yang sangat terkait erat yakni efektif terutama diorganisasikan kegiatannya laboratorium dalam satu siklus belajar dengan pendekatan ilmiah (konsisten mengikuti fase-fase kegiatan 5M). Dengan keterkaitan konsep-konsep sasaran akan masih cukup efektif, meskipun kegiatan praktikum/eksperimen cenderung dilakukan dengan teknik *jigsaw* (satu kelompok kecil hanya melakukan eksperimen untuk satu sasaran konsep dan kemudian saling tukar hasil eksperimen), oleh karena keterbatasan alokasi waktu tatap muka yang tersedia melakukan eksperimen. Setiap kelompok melaporkan seluruh sasaran eksperimen dalam unit modul. Satu unit modul diupayakan dapat diselesaikan dalam alokasi waktu seminggu dengan bobot kuliah 3 sks.

Setiap kluster 5M (unit modul) pembelajaran ilmiah 5M didukung terutama dengan (a) lembar kerja yang diawali dengan fenomena (latar belakang objek belajar melalui penemuan), (b) teks materi pendukung dengan organisasi sajian sesuai lembar kerja, dan (c) sistem penilaian (tugas untuk setiap unit modul, tetapi *post-test* unit modul digabung dan dilaksanakan pada akhir setiap topik). Satu unit modul diorganisasikan dalam satu siklus belajar ilmiah 5M.

Ukuran keberhasilan kinerja 5M untuk setiap konsepsi ilmiah sasaran dalam lembar kerja melibatkan tiga kriteria utama yakni (i) kebenaran hasil rumusan setiap fase, (ii) kesesuaian/ketepatan rumusan dengan rumusan fase-fase 5M sebelumnya dan berikutnya (contoh rumusan M2 bersesuaian dengan rumusan M1 dan M3 untuk setiap konsep yang bersangkutan), dan (iii) ketepatan keseluruhan kegiatan 5M untuk setiap konsep dengan rumusan hipotesisnya. Rubrik penskoran adalah **ketiga** kriteria terpenuhi tergolong sangat baik (SB dengan skor 5), hanya kriteria (i) dan (ii) terpenuhi tergolong baik (B dengan skor 4), hanya kriteria (i) terpenuhi **atau** minimal mengikuti kriteria (i) dan (ii) walau belum tepat tetapi dapat diterima tergolong cukup (C dengan skor 3), ketiga kriteria tidak terpenuhi - tetapi minimal ada satu kriteria sudah mengarah rumusan yang diharapkan tergolong kurang (K), dan semua kinerja salah/gagal atau

tidak ada isian kinerja tergolong (SK). Ukuran keberhasilan (skor) kinerja 5M meliputi kinerja untuk setiap konsepsi ilmiah target dan rerata untuk total target konsepsi ilmiah dalam kluster siklus 5M yang bersangkutan.

CPP, tujuan pembelajaran, unit modul kuliah Termokimia

CPP: Memahami konsep teoretis **dasar** dan aplikasi tentang struktur materi, perubahan materi atau reaksi kimia/peristiwa (dinamika), dan energi dilibatkan dalam reaksi termokimia.

Sejumlah konsep pokok dan / atau esensial dari topik termokimia dengan konsepsi ilmiah yang kondusif dikonstruksi melalui pendekatan ilmiah 5M seperti disajikan dalam tabel berikut.

<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitas panas kalorimeter • Hubungan kalor reaksi dan perubahan entalpi • Komponen-komponen sistem dan lingkungan dari suatu termokimia/peristiwa 	<ul style="list-style-type: none"> • Energi ikatan • Hubungan ΔH dan energi ikatan • Hukum Hess • Siklus Born-Haber 	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan entropi (ΔS) perubahan fase • Hubungan Perubahan energi bebas (ΔG) atau potensial sel dengan kespontanan suatu reaksi/peristiwa
---	--	--

Dari hasil identifikasi dan analisis karakteristik konten pokok konsep-konsep ilmiah dari topik termokimia mengarahkan topik ini diorganisasikan dalam tiga unit modul. Unit modul TK-1 meliputi konsep kapasitas kalorimeter, perubahan entalpi (ΔH reaksi), dan komponen-komponen sistem dan lingkungan termokimia. Unit TK-2 terdiri dari konsep energi ikatan, hubungan perubahan entalpi dengan energi ikatan, hukum Hess dan Siklus Born-Haber. Unit Tk-3 meliputi konsep entropi dan konsep kespontanan.

CPP di atas secara operasional dijabarkan meliputi sejumlah tujuan kuliah yang mengindikasikan pencapaian indikator pembelajaran melalui modul kuliah dengan pendekatan ilmiah/saintifik (5M) yang menggunakan data primer dan/atau data sekunder sebagai berikut.

TK-1 mencakup:

1. dapat mengonstruksi konsepsi ilmiah kapasitas panas kalorimeter melalui eksperimen dan menerapkannya dalam penyelesaian masalah pengukuran panas dengan kalorimeter.
2. dapat mengonstruksi konsepsi ilmiah hubungan perubahan entalpi dengan kalor reaksi melalui eksperimen pada volum dan tekanan, serta kemudian mengelaborasinya untuk sistem pada tekanan tetap yang melibatkan perubahan volum sistem menggunakan hukum I termodinamika yang didukung oleh data sekunder perbedaan antara hasil pengukuran kalor reaksi dengan *coffee cup calorimeter* dan dengan *bomb calorimeter*
3. dapat mengidentifikasi komponen-komponen sistem dan lingkungan dalam contoh termokimia atau peristiwa transfer panas.

TK-2 mencakup:

4. dapat menjelaskan energi yang dilibatkan dalam pembentukan dan pemutusan suatu ikatan
5. dapat mengonstruksi konsepsi ilmiah hubungan total energi ikatan dengan perubahan entalpi dari suatu reaksi kimia
6. dapat memprediksi perubahan entalpi suatu reaksi dengan menggunakan perubahan entalpi standar pembentukan zat-zat yang dilibatkan dalam reaksi

7. dapat menerapkan hukum Hess
8. dapat menerapkan siklus Born-Haber dan menguatkan pengetahuan tentang jenis-jenis perubahan entalpi serta dengan tandanya positif/negatif.

TK-3 mencakup:

9. dapat menggunakan derajat kebebasan *microstates* seperti jenis-jenis energi dimiliki atau diperlukan untuk menjelaskan perubahan entropi pada perubahan fase materi
10. dapat menggunakan perubahan energi bebas atau potensial sel dari suatu reaksi untuk menjelaskan kespontanan reaksi atau peristiwa.

Deskripsi umum konsep pokok dan esensial termokimia dan alokasi waktu pembelajaran

Bab topik Termokimia ini diorganisasikan menjadi 3 kluster materi siklus 5M ilmiah yang diusahakan mengikuti penalaran induktif yaitu unit/sub-unit kluster Tk-1, TK-2, dan TK-3.

Materi kajian termokimia unit modul TK-1 (kluster Tk-1) mulai dari fenomena (pengetahuan awal *Black's principle* “kesetimbangan termal dan pengukuran perpindahan panas dengan kalorimeter), eksperimen pengukuran kapasitas kalorimeter, dan pengukuran panas reaksi pada tekanan dan volum yang sama, selanjutnya rasional ΔH reaksi kimia pada tekanan dan/atau volum dengan persamaan yang diturunkan dari hukum pertama termodinamika. Kegiatan unit modul ini (TK-1) diberikan alokasi waktu satu minggu.

Kluster atau sub-unit TK-2 mulai dari fenomena (ikatan kimia akibat gaya tarik Coulomb, reaksi kimia melibatkan kebutuhan energi pemutusan ikatan kimia antar atom-atom pembentuk partikel zat-zat reaktan dan pelepasan energi pembentukan ikatan antar atom dari zat-zat produk, energi ikatan, ΔH reaksi, hubungan ΔH reaksi dengan energi ikatan, asumsi tahap-tahap reaksi, fakta suatu reaksi dapat melibatkan tahap-tahap reaksi yang mana ΔH reaksi yang bergantung pada keadaan awal dan akhir reaksi saja dikenal sebagai fungsi keadaan), hukum Hess, dan siklus Born-Haber, serta latihan beberapa contoh representatif pemecahan soal-soal termokimia. Modul unit Tk-2 mendapat alokasi waktu $1\frac{1}{3}$ minggu.

Modul (kluster) TK-3 meliputi fenomena keberadaan kalor laten (seperti kalor lebur yang relatif besar) yang melibatkan perpindahan kalor/panas tanpa perubahan suhu, entropi, kespontanan perubahan es menjadi air (endotermal) di luar *freezer* dan sebaliknya kespontanan air menjadi es (eksotermik) di dalam *freezer* yang bergantung pada suhu, perubahan energi bebas. Modul unit Tk-3 mendapat alokasi waktu $\frac{2}{3}$ minggu. Unit modul ini hanya menyajikan kajian kluster Tk-1. Berikut hanya menyajikan contoh unit modul Tk-1.

Materi Pendukung/Pengayaan

Kelengkapan kuliah untuk setiap topik sudah dijelaskan dalam Bab Pendahuluan. Rubrik penilaian keterampilan dasar praktikum kimia (RPKDPK) dan [buku panduan tugas sebelum kuliah dan pasca-kuliah setiap kluster 5M ilmiah induktif serta arahan akhir untuk verifikasi dengan penalaran terlampir pada tautan \[https://drive.google.com/drive/folders/1HKw5o8mezNblPRfW_Fo17-4VSpq5FAC-\]\(https://drive.google.com/drive/folders/1HKw5o8mezNblPRfW_Fo17-4VSpq5FAC-\)](#). Materi pendukung Tabel ΔH , ΔS , dan ΔG pembentukan standar yang melibatkan oleh kebanyakan konsep sasaran dapat secara bebas diunduh melalui internet (jika tidak berhasil dapat minta pada dosen pengasuh). Latihan beberapa contoh soal (50 menit) dalam “Silberberg, M.S. (2010). *Principle of General Chemistry 2nd edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.”. Prosedur pengambilan data eksperimen dikembangkan lagi dari langkah-langkah umum yang disajikan video pengumpulan data dalam lembar kerja.

A. Unit TK-1: kalorimeter, perubahan entalpi melalui kalor reaksi, dan sistem-lingkungan,

a. Lembar Kerja Kegiatan 5M

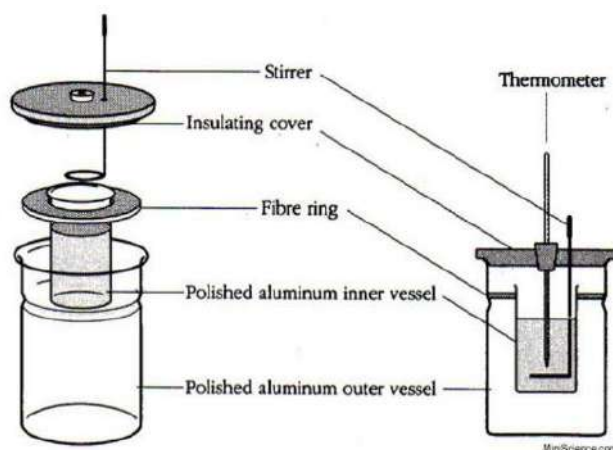
Tujuan pembelajaran dari unit (kluster) TK-1 meliputi butir tujuan pembelajaran topik termokimia nomor 1-3. Pengisian *online google form* buka tautan (i) [LK kapasitas kalorimeter](#), (ii) [LK \$\Delta H\$ -Kalor reaksi](#), (iii) [sistem-lingkungan](#).

Fenomena

Kemungkinan banyak tersedia kalorimeter di laboratorium dengan massa yang belum tentu sama dan/atau juga dari jenis bahan yang mungkin berbeda. Kapasitas suatu kalorimeter hanya ditentukan sekali sebelum digunakan, selanjutnya harga hasil dapat digunakan dalam perhitungan tanpa harus mengukurnya kembali jika kalorimeter yang sama akan digunakan lagi mengukur perpindahan kalor yang lain. Namun jika menggunakan kalorimeter yang lain, tentu kapasitas panas kalorimeternya harus diukur sebelum digunakan. Penentuan suhu kesetimbangan termal lebih tepat menggunakan metode grafik garis lurus seperti dalam tautan <https://youtu.be/J4i8SvjCLOQ>. Untuk kalorimeter dengan bahan bagian dalam (yang terlibat bertransfer panas) tidak menyerap/ melepas panas (terbuat dari bahan isolator seperti plastik), kapasitas panas kalorimeter dapat diabaikan.

Peningkatan suhu dalam suatu reaksi mengindikasikan reaksi tersebut melepaskan kalor (eksotermik) dan sebaliknya penurunan suhu suatu oleh suatu reaksi mengindikasikan reaksi tersebut menyerap kalor (endotermal). Panas reaksi yang dilepas atau di serap oleh suatu reaksi dapat diukur dari komponen-komponen dengan kalorimeter. Penentuan suhu kesetimbangan termal juga lebih tepat ditentukan dengan teknik grafik garis lurus

(<https://youtu.be/qSLR5BlgH7M>). Reaksi kimia banyak tidak melibatkan perubahan volum (umumnya tidak melibatkan gas) seperti reaksi seperti reaksi penetralan antara larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan larutan asam klorida (HCl). Namun ada reaksi kimia yang melibatkan perubahan volum sistem reaksi (umumnya melibatkan gas). Namun ada reaksi yang melibatkan gas seperti reaksi antara larutan natrium bikarbonat (NaHCO₃ dalam



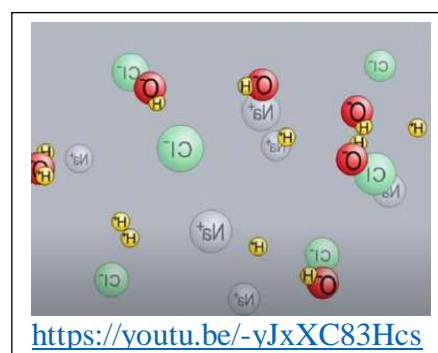
<https://old.miniscience.com/kits/calorimeter/index.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=xUNoA-fh4JM>

<https://youtu.be/7fqf7t-fOHI>

<https://youtu.be/pRnURDgfByE>

<https://youtu.be/bwGim-eceS8>



soda kue) atau natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan larutan asam klorida (HCl). Untuk reaksi yang volum melibatkan perubahan energi dalam bentuk usaha atau kerja (w) perubahan volum tersebut, sehingga perubahan total energinya yang dikenal dengan perubahan entalpi (ΔH) meliputi kalor dan kerja tersebut yang dapat diturunkan dari persamaan dalam hukum I termodinamika.

Kesalahan perhitungan transfer kalor/panas dalam termokimia sering terjadi karena **tidak semua** komponen-komponen dalam kelompok penerima dan kelompok pelepas panas (transfer panas) diidentifikasi dan diikuti dalam perhitungan ketika mengolah data. Perubahan suhu secara berlawanan pada kelompok-kelompok komponen bahan-bahan (materi) yang mengalami kontak langsung dalam suatu termokimia (termasuk wadah reaksi) mengindikasikan terjadinya pelepasan dan penyerapan atau transfer panas yang sesuai dengan hukum kekekalan energi. Transfer panas terjadi antara kelompok sistem (mengandung komponen yang menjadi pusat perhatian) dan lingkungan (kelompok komponen yang menerima/memberi panas yang dilepas/diperlukan sistem). Penentuan komponen-komponen kelompok sistem dan lingkungan perlu memperhatikan tujuan kegiatan seperti pada penentuan kapasitas kalorimeter atau pada penentuan kalor reaksi, meskipun kesalahan besar hasil perhitungan tidak akan terjadi jika terjadi pertukaran penentuan kelompok sistem dan lingkungan (tetapi jumlah komponen dalam masing-masing kelompok harus benar).

Kalor yang diserap/dilepas suatu bahan sebesar hasil perkalian massa, kalor jenis, dan perubahan suhu menuju suhu kesetimbangan sistem pencampuran atau reaksi ($= m \times c \times \Delta t$). Persamaan tersebut didasarkan pada *Black's principle* ketika kesetimbangan termal campuran (komponen-komponen pelepas dan penerima panas mencapai suhu yang sama) tercapai. Suhu kesetimbangan termal campuran atau reaksi kimia lebih tepat ditentukan dengan menggunakan metode perpanjangan grafik garis lurus perubahan suhu campuran terhadap waktu. Beberapa pengetahuan prasyarat lain yang perlu diingat seperti hukum I termodinamika, energi dalam bentuk usaha ($w = P \cdot \Delta V$), persamaan gas ideal ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$), dan konversi bentuk-bentuk satuan energi.

Konsepsi ilmiah tentang kapasitas kalorimeter, penentuan perubahan entalpi melalui pengukuran kalor, dan identifikasi komponen-komponen sistem dan lingkungan dalam mengkaji termokimia perlu ungkap (dikonstruksi).

1. Mengamati (M1), fenomena latar munculnya konsepsi ilmiah kapasitas kalorimeter, termokimia (sistem dan lingkungan), dan perubahan entalpi reaksi termokimia sebagai berikut (diisi).

Jenis informasi awal	Kapasitas panas kalorimeter	Hubungan ΔH dan kalor reaksi	Sistem dan lingkungan
Pengetahuan faktual	<ul style="list-style-type: none"> • Massa dan/atau jenis bahan kalorimeter cenderung berbeda • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.

Prosedur ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> • mencatat butir-butir informasi awal • membuat rancangan pembuktian hipotesis • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.
Pengetahuan/konsep ilmiah prasyarat	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Black's principle</i> • Teknik metode grafik garis lurus • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst. 	<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • dst.

2. Menanya (M2)

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 informasi awal (jika ada, contoh):

- Mengapa suhu kesetimbangan termal untuk penentuan kalor reaksi tidak di titik potong dengan sumbu Y?
- ...
- dst.

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

- 1) Bagaimana karakteristik (seperti kapasitas panas kalorimeter) dari berbagai kalorimeter yang mungkin akan digunakan dalam suatu eksperimen termokimia? (ini contoh)
- 2) _____

- 3) _____

3. Mengumpulkan data (M3)

Pengumpulan data melalui beberapa langkah untuk mencari jawaban atau pemecahan rumusan masalah investigasi.

a. Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi (terutama dalam bentuk kalimat pasif sebab-akibat) adalah (berikut contoh):

- 1) ...
- 2) Perubahan entalpi sama dengan kalor yang dilepas/diterimanya untuk suatu reaksi pada tekanan dan volume tetap, sedangkan perubahan entalpi reaksi sama dengan jumlah kalor yang diterima/dilepas dan usaha yang dilibatkan untuk suatu reaksi pada tekanan tetap sesuai dengan hukum TD I termodinamika
- 3) ...

- b. Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris / kolom bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa variabel bebas ganda dan/atau variabel terikat ganda.

Hp. no	Variabel bebas (VB = sebab)		Variabel terikat (VB = akibat)	V. kontrol
1
2	Reaksi termokimia	(VT atau VB) <i>antara</i>		
		$q = m.c.\Delta t$	ΔH	Pada tekanan dan volume tetap
		q $W = p. \Delta V$	ΔH	Pada tekanan tetap
3

- c. *Rancangan pembuktian hipotesis* berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dan dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Rancangan pembuktian untuk semua hipotesis di atas disajikan dalam tabel berikut. Masing-masing kolom variabel bebas maupun variabel terikat masih bisa dipecah menjadi beberapa kolom masing-masing jika hipotesisnya berupa variabel ganda (lebih dari satu) sesuai dengan bunyi hipotesisnya.

Hp no.	Variasi nilai VB (sampel perlakuan/sebab)		Variasi nilai VT (akibat)	VK
1				
2	50 gram 0,200M NaOH _(aq) + 50 gr 0,200M HCl _(aq) → 100 gr 0,10 M NaCl _(aq)	$q = m.c.\Delta t = \dots$	$\Delta H = \dots$	Tekanan dan volume tetap
	50 gram 0,100M NaOH _(aq) + 50 gr 0,100M HCl _(aq) → 100 gr 0,050 M NaCl _(aq)	$q = m.c.\Delta t = \dots$	$\Delta H = \dots$	
	...			
	50 mL 0,200M NaHCO _{3(aq)} + 50 mL 0,200M HCl _(aq) → 100 mL NaCl 0.10M + CO _{2(g)} + H ₂ O _(l)	q = ... $W = p. \Delta V = \dots$	$\Delta H = \dots$	Tekanan tetap
	50 mL 0,100M NaHCO _{3(aq)} + 50 mL 0,100M HCl _(aq) → 100 mL NaCl 0.050M + CO _{2(g)} + H ₂ O _(l)	q = ... $W = p. \Delta V = \dots$	$\Delta H = \dots$	
...				
3				

d. Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Hip. no.	Bahan		Alat	
	Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah
1				
2				
3				

e. Cara kerja pengumpulan data

1) Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis 1 (**tidak berupa kalimat perintah – gunakan kalimat persuasif/pasif**):

-
- suhu masing-masing air dingin dan air panas sebelum dan setelah dicampur diukur.
-

Jika belum bisa sendiri, gambaran umum pada <https://youtu.be/Cyy1YdKUsng>

2) Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis 2:

-
-

Jika belum bisa sendiri, gambaran umum pada <https://youtu.be/BhoCpY3PTfo>

3) Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis 3

-
-

Jika belum bisa sendiri, gambaran umum pada <https://youtu.be/rAzTl44N-F4>.

f. Tabel pencatatan data (boleh sama dengan tabel rancangan pembuktian hipotesis

- bisa disederhanakan atau ditambah/dikembangkan jika dianggap perlu).

g. Pelaksanaan pengumpulan data dan mencatat data yang diperoleh dalam tabel pencatatan data yang telah dirancang.

Catatan, rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak mungkin dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data sekunder dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun kutipan terhadap sumber harus dituliskan.

4. Kegiatan mengasosiasi (M4)

Kegiatan meliputi pengolahan dan analisis data, serta membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis. 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.

a. Pengolahan data dan analisis data

Hipotesis 1

-
- suhu air dingin meningkat, sedang suhu air panas menurun setelah pencampuran yang menunjukkan terjadinya pertukaran kalor antara air dingin dan air panas
-

Interpretasi:

Hipotesis 2

-
-
-

Interpretasi:

Hipotesis 3

-
-

b. Pembahasan

.....
.....
.....
.....
.....

c. Simpulan:

- 1) (hipotesis 1 diterima/ditolak)
- 2) (hipotesis 2 diterima/ditolak)
- 3) (hipotesis 3 diterima/ditolak)

5. Mengkomunikasi (M5): hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah untuk hipotesis 1, 2, dan 3 Kami sajikan dalam forum misalnya dalam diskusi/presentasi kelas berupa rangkuman hasil kegiatan 5 M atau ditulis dalam bentuk artikel ilmiah untuk seminar/majalah (pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) sebagai berikut. Buka tautan contoh [PPT](#) presentasi proses dan temuan kegiatan 5M

b. Informasi materi konsepsi ilmiah unit/kluster_TK-1

Fenomena

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

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

Konstruksi konsepsi ilmiah akan terjadi efektif dan lancar perlu memiliki pengetahuan awal yang mengantarnya. Komponen-komponen peristiwa yang melibatkan perpindahan (transfer) panas 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 mengingat panas jenis bahannya setiap pengukuran menggunakan kalorimeter tersebut.

Hubungan grafik garis lurus (linier) dari data penurunan suhu terhadap waktu setelah suhu kesetimbangan termal awal tercapai, cukup baik membantu penentuan suhu kesetimbangan awal tersebut melalui metode ekstrapolasi grafik garis lurus. Pendekatan grafik garis lurus tersebut dapat dibuat dari data pengukuran suhu campuran secara berkelanjutan setiap interval waktu tertentu (misalnya 30 detik) sejak awal pencampuran. Pengukuran suhu yang teliti (termometer berskala desimal atau lebih teliti) akan memberikan hasil dengan sebaran data suhu yang mendekati grafik garis lurus melalui teknik simpangan terkecil (rerata simpangan jarak titik-titik data suhu dengan garis lurus tersebut adalah terkecil). Penarikan garis lurus tersebut diperpanjang (ekstrapolasi) hingga memotong sumbu Y untuk penentuan kapasitas panas kalorimeter dan perpotongan dua garis lurus yang berlawanan kemiringan untuk penentuan kalor reaksi.

Bersamaan dengan waktu berlalu, panas juga akan berpindah ke udara luar dan terus terjadi jadi. Sebelum kesetimbangan termal tercapai, kehilangan panas menuju lingkungan atmosfer tidak terlihat karena suhu masih cenderung naik. Namun ketika campuran sudah mencapai titik kesetimbangan termal, pelepasan panas menuju lingkungan atmosfer menjadi nyata dari pengamatan penurunan suhu yang terus berlangsung hingga mencapai suhu kamar. Penurunan suhu ketika pelepasan kalor hanya menuju lingkungan atmosfer inilah yang dapat berupa grafik garis lurus.

Konstruksi konsepsi ilmiah kapasitas kalorimeter, ΔH , dan sistem-lingkungan

Paragraf fenomena dalam lembar kerja dan pengamatan di sekitar kita cukup memberikan kelompok butir-butir informasi/pengalaman awal menuju temuan pengetahuan (konsepsi ilmiah) konseptual akibat-sebab tentang (i) kapasitas kalorimeter, (ii) hubungan ΔH dengan kalor reaksi, dan (iii) komponen-komponen kelompok sistem dan kelompok lingkungan. Konstruksi ketiga konsepsi ilmiah sasaran memerlukan pengetahuan awal

prasyarat berupa *Black's principle*, metode ekstrapolasi garis lurus, dan besar kalor yang diserap atau dilepas (q) = $m \times c \times \Delta T$.

Butir-butir pengetahuan awal kapasitas kalorimeter awal sebagai berikut. (a) Kelompok pengetahuan awal faktual baru: meliputi terdapat variasi kalorimeter di laboratorium (massa dan/atau bahannya cenderung berbeda), kapasitas panas suatu kalorimeter ditentukan sekali sebelum digunakan mengukur besar transfer panas, pencampuran air hangat dan air dingin di dalam kalorimeter, kesetimbangan termal awal terjadi antara air hangat - air dingin – kalorimeter, air hangat komponen pelepas panas, air dengan dan kalorimeter sebagai kelompok komponen penerima panas. (b) Prosedur: air hangat dicampurkan ke dalam kalorimeter yang berisi air dingin, pengadukan campuran secukupnya, pengukuran suhu campuran dengan interval waktu 30 detik mulai saat pencampuran (t_0), membuat kurva suhu (sumbu Y) vs waktu (sumbu X) dan ekstrapolasi grafik garis lurus dari data suhu terhadap waktu setelah titik kesetimbangan termal awal tercapai, penentuan suhu kesetimbangan termal awal, identifikasi kelompok semua komponen yang melepas panas, identifikasi kelompok semua komponen yang menerima panas, dan perhitungan kalor yang diserap atau dilepas.

Pengetahuan awal penentuan ΔH meliputi kelompok berikut. (a) Pengetahuan awal faktual: reaksi kimia terjadi antara larutan HCl dan larutan NaOH, terbuka dan tidak melibatkan gas (volum dan tekanan tetap), ΔH reaksi, kalor reaksi, volum dan konsentrasi reaktan, reaksi lain dapat terjadi melibatkan perubahan volum pada tekanan tetap, dapat melibatkan kerja (w) di samping kalor, massa jenis larutan mendekati 1, kalor reaksi eksotermik dilepas oleh partikel-partikel zat reaktan yang bereaksi, gabungan bahan (pelarut/larutan dan kalorimeter) menerima kalor yang dilepas reaksi tersebut. (b) Prosedur meliputi pengukuran kalor reaksi, membuat suhu awal semua bahan yang terlibat dibuat sama, pengukuran suhu secara berkelanjutan dengan interval waktu 30 detik, identifikasi kelompok semua komponen yang melepas panas, dan identifikasi kelompok semua komponen yang menerima panas.

Butir-butir pengetahuan awal sistem dan lingkungan sebagai berikut. (a) Pengetahuan awal faktual: suatu (setiap) komponen yang terlibat dalam transfer panas (termokimia) menjadi bagian komponen dari salah satu kelompok sistem atau lingkungan, penentuan komponen/komponen-komponen sistem dalam peristiwa transfer panas bergantung pada yang menjadi pusat perhatian (seperti tujuan), dalam suatu termokimia selalu ada kelompok komponen-komponen yang suhunya meningkat (menerima panas) dan kelompok komponen-komponen lain yang suhunya menurun (melepas mengalami), kedua ciri berlawanan tersebut dapat digunakan sebagai pengelompokan sistem dan lingkungan dari suatu termokimia yang dicirikan dari terjadinya transfer panas antara sistem dan lingkungan. (b) Prosedur: pengukuran kalor dengan kalorimeter, identifikasi kelompok komponen-komponen pelepas dan penerima panas.

Butir-butir informasi awal dalam ketiga paragraf di atas cukup mengarahkan pada rumusan masalah investigasi berikut. (i) Bagaimana karakteristik (harga atau besar kapasitas panas kalorimeter) dari berbagai kalorimeter yang mungkin akan digunakan dalam suatu eksperimen termokimia? (ii) Bagaimana hubungan ΔH dengan kalor reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan pada tekanan tetap? (iii) bagaimana hubungan sistem dan lingkungan dalam transfer panas/kalor dikaitkan dengan komponen penerima dan pelepas panas sesuai

dengan tujuan kajian peristiwa tersebut?

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 lebih efektif dibuat dalam bentuk sebuah kalimat efek mendahului sebab (akibat-sebab yang cenderung berupa kalimat pasif) sebagai berikut. (i) 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 lain. (ii) ΔH reaksi adalah sebesar kalor reaksi pada volum dan tekanan tetap, dan sebesar total kalor reaksi dan usaha (kerja) yang dilibatkan dalam perubahan volum sistem reaksi pada tekanan tetap. (iii) Sistem sebagai kelompok komponen melepas atau menerima panas mengandung komponen yang menjadi pusat perhatian, sedangkan lingkungan sebagai kelompok komponen berbatasan dan bertukar panas dengan sistem.

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). Jenis dan variasi nilai masing-masing variabel untuk setiap hipotesis di atas sebagai berikut.

Hipotesis (i) tentang kapasitas kalorimeter melibatkan bahan dan masa setiap kalori meter yang ditentukan kapasitas panasnya serta 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 *coffee cup calorimeter* memiliki keterbatasan bahwa volum dan tekanan sistem dianggap tetap. Hipotesis (ii) hubungan ΔH dengan kalor reaksi melibatkan reaksi kimia, keterlibatan perubahan volum (kerja/usaha pada sistem reaksi), dan kalor reaksi hasil pengukuran/eksperimen sebagai VB , ΔH (data sekunder dari sumber rujukan) sebagai VT , suatu reaksi kimia/peristiwa dan situasinya pada volum dan tekanan tetap atau pada tekanan tetap secara bergantian sebagai VK . Hipotesis (iii) sistem dan lingkungan melibatkan peristiwa/reaksi kimia dan komponen yang menjadi pusat perhatian sebagai VB , sistem dan lingkungan sebagai pasangan pelepas dan penerima atau sebaliknya penerima dan pelepas kalor dari suatu termokimia/peristiwa transfer panas sebagai VT , dan terjadi peristiwa transfer energi dalam bentuk panas/kalor yang mengikuti hukum kekekalan energi sebagai VK .

Rancangan 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 lembar kerja fase awal M3.

Tabel Tk-1.1.1 Desain pembuktian hipotesis (contoh)									
Hipotesis	VB			VT		VK	P. prasyarat		
	Kalorimeter (massa dan/atau bahan kalorimeter yang bersentuhan dengan bahan yang bertransfer panas berbeda)			Penyerapan atau pelepasan panas (kalor) setiap perubahan satu derajat Celsius ($C = q/\Delta T =$ kapasitas panas kalorimeter)					
(i) 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 lain	Kalorimeter A (50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C).					Volum dan tekanan atmosfer tetap			
	Kalorimeter A (50 gram air panas bersuhu 90°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C).								
	Kalorimeter B (50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C)								
Hipotesis.	VB			VT		VK	P. prasyarat		
Reaksi termokimia	W (+ utk $\Delta V < 0$ & - untuk $\Delta V > 0$)		menerima (+) atau melepas panas		ΔH dari <i>reff</i> (+ utk endo & - utk eksotermik = ... kkal/mol)				
	ΔV	$W = P \times \Delta V$ (kkal/mol)	Δt	q (kkal/mol)					
(ii) ΔH reaksi = kalor reaksi pada volum dan tekanan tetap, dan sebesar total kalor reaksi dan usaha (kerja) yang dilibatkan dalam perubahan	A1: 50 mL 2.0M $HCl_{(aq)}$ + 50 mL 2.0M $NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)}$. Reaksi tidak menghasilkan gas (volum sistem tetap) dan suhu awal semua komponen 25°C. Asumsi massa jenis semua larutan dianggap 1 gram per mL, kandungan $HCl = NaOH = 0,1$ mol			0	0	...	-13.65	P & V tetap	<ul style="list-style-type: none"> Hukum I TD $W = p \cdot \Delta V$ $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$
	A2: 50 mL 1.0M $HCl_{(aq)}$ + 50 mL 1.0M $NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)}$. Kondisi sama dengan A1, kandung $HCl = NaOH = 0,05$ mol			0	0	...	-13.65		
	B1: 50 mL 2.0M $Na_2CO_{3(aq)}$ + 50 mL 2.0M $HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$. Reaksi menghasilkan gas. Kondisi lain sama dengan			2,24 liter	-0,27	...	-8.64		

volum sistem reaksi pada tekanan tetap	sampel A. Mol gas CO ₂ yang terjadi = 0.1 mol						
	50 mL 1.0M Na ₂ CO _{3(aq)} + 50 mL 1.0M HCl _(aq) → 2NaCl + CO _{2(g)} + H ₂ O _(l) . Reaksi menghasilkan gas. Kondisi lain sama dengan sampel A. Mol gas CO ₂ yang terjadi = 0.05 mol	1,12 liter	-0.27		...	-8.64	
Hipotesis	Reaksi termokimia /peristiwa transfer panas	VB Kelompok komponen pelepas/penerima panas		VT Kelompok sistem/ lingkungan dan perannya (terima/ lepas panas)		VK	
		Mengandung komponen menjadi pusat perhatian	Berbatasan dan bertukar panas dg kelompok jadi pusat perhatian	Sistem	Lingku- ngan		
(ii) Termokimia: sistem sebagai kelompok komponen melepas atau menerima panas mengandung komponen yang menjadi pusat perhatian, sedangkan lingkungan sebagai kelompok komponen berbatasan dan bertukar panas dengan sistem dari suatu termokimia/ peristiwa transfer panas yang mengikuti hukum kekekalan energi.	Penentuan kapasitas kalorimeter (tujuan) dengan penambahan air panas ke dalam kalorimeter yang berisi air dingin	Air dingin dan kalorimeter	...	Air dingin dan kalori- meter (terima panas)	
	Pengukuran kalor reaksi penetralan (tujuan) NaOH _(aq) + HCl _(aq) → NaCl(aq) + H ₂ O	Partikel- partikel zat reaktan	Pelarut dan kalorimeter	...	Pelarut dan kalori- meter (terima panas)		

Keterangan:

Keterbatasan alokasi waktu tatap muka kerja laboratorium mengarahkan pada beberapa penyederhanaan praktikum dilakukan seperti pengambilan data langsung (primer) hanya dilakukan untuk sampel yang utama dan efektif dapat dilakukan seperti penentuan kapasitas panas kalorimeter dan pengukuran kalor reaksi penetralan 50 mL larutan NaOH_(aq) + 50 mL M HCl_(aq), sampel lain menggunakan data yang sudah ada dari sumber pustaka (sangat bagus jika peserta belajar mengambil data sendiri di luar alokasi waktu tatap muka kerja di laboratorium dengan menggunakan prosedur kerja seperti dalam video contoh), massa jenis semua larutan dianggap 1 gram/mL. Perbedaan data sebatas tidak signifikan (penyimpangan < 5%) sangat rasional.

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

Tabel TK-1.1.2 Bahan dan alat eksperimen

Hip.no.	Bahan	Alat
(1-3)	Bahan pencuci alat-alat, kertas milimeter (atau program <i>excel</i>) untuk grafik	Kalorimeter (beserta pengaduknya), termometer, penggaris, labu ukur, timbangan, pipet tetes, gelas kimia
(1)	Air dingin dan air hangat	sda
(2)	Larutan asam kuat 2 molar dan larutan basa kuat 2 molar	sda
(3)	Termasuk dalam hipotesis (1) dan (2)	Termasuk dalam hipotesis (1) dan (2)

Prosedur pengambilan data hipotesis (i) disajikan pada tautan dalam Gambar di samping kanan. (1) Sebanyak 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). (2) Suhu campuran diukur setiap selang waktu 30 detik mulai dari awal (sebelum ditambah air hangat) berkelanjutan hingga sekitar total waktu 5 menit. (3) Grafik kurva suhu terhadap waktu dengan selang waktu 30 detik dibuat, dan kemudian ditarik (diekstrapolasi) 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. (4) Percobaan (1) hingga (3) diulang (prosedur yang sama) untuk penentuan kapasitas panas untuk kalorimeter yang lain (sampel lain).



<https://youtu.be/Cyy1YdKUsg>

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. (1) 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. (2) 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 kalorimeter. 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 eksotermik. Peningkatan garis lurus (reaksi eksotermik) pada bagian awal terjadi lebih tajam dan pendek (baik jika reaksi cepat selesai), sedangkan garis lurus bagian kedua menurun (untuk reaksi eksotermik) biasanya lebih landai yang bergantung pada perbedaan suhu campuran reaksi dengan udara luar). Tautan <https://youtu.be/BhoCpY3PTfo>



<https://youtu.be/BhoCpY3PTfo>

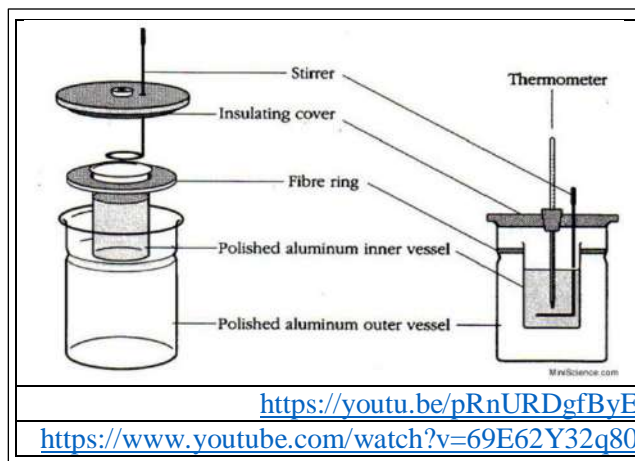
menyajikan video pengukuran kalor reaksi penetralan asam klorida dan basa natrium hidroksida.

Data untuk pembuktian hipotesis dalam konstruksi konsepsi ilmiah sistem dan lingkungan ini langsung menggunakan data yang didapat untuk eksperimen penentuan kapasitas kalorimeter dan eksperimen penentuan kalor reaksi. Data dari kedua sumber tersebut diolah digabung mengikuti tabel rancangan pembuktian hipotesis pasangan sistem dan lingkungan (termokimia). Penggabungan data dari kedua sumber tersebut dan analisisnya disajikan dalam tautan video <https://youtu.be/rAzTI44N-F4>. Data dari kedua eksperimen tersebut untuk pembuktian hipotesis konstruksi konsepsi ilmiah sistem dan lingkungan dengan hasil identifikasi komponen-komponen kelompok sistem dan kelompok lingkungan dari dua jenis sistem transfer panas yang representatif yaitu pengukuran kapasitas kalorimeter dan pengukuran kalor reaksi.

Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan 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 diamati 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.

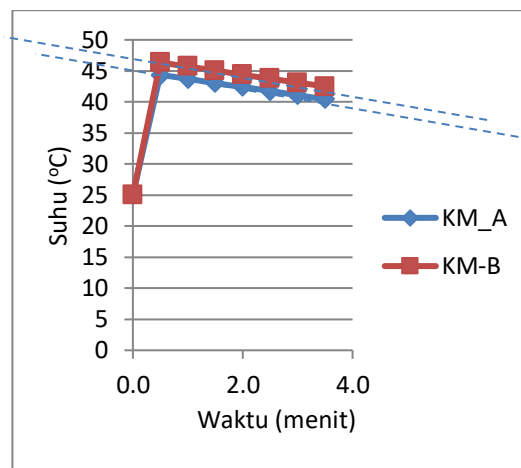
Hasil pengumpulan dan pengolahan data

Eksperimen penentuan kapasitas kalorimeter dari pencampuran 50 gram air panas bersuhu 80°C dengan 50 gram air dalam kalori meter yang bersuhu 25°C dilakukan dengan disiplin mengikuti rancangan. Suhu kesetimbangan campuran ditentukan dengan bantuan teknik ekstrapolasi grafik garis lurus dengan mencatat suhu campuran setiap interval waktu 30 detik. Data hasil pengukuran penurunan suhu dalam pengukuran kapasitas kalorimeter disajikan dalam Tabel TK-1.1.2 dan Gambar TK-1.3.1.



Tabel TK-1.1.2 Hasil pengukuran suhu

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

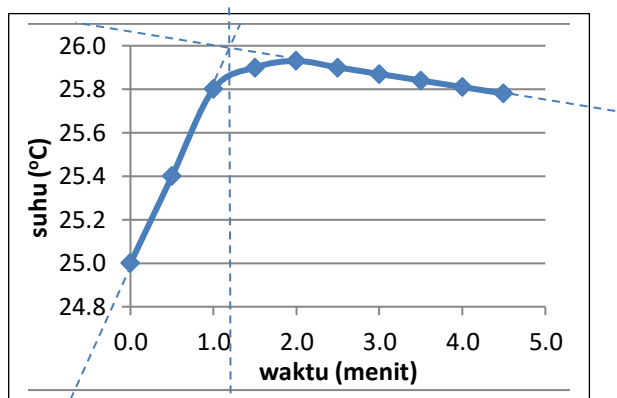


Gambar TK-1.3.1 Kurva suhu terhadap waktu

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).

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.

Tabel Tk-1.2.2 Data hasil eksperimen	
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



Gambar TK-1.3.1 Kurva suhu terhadap waktu

Dengan prosedur yang sama, suhu kesetimbangan termal yang terukur pada dari reaksi antara 50 mL 2,0M $\text{NaHCO}_3(\text{aq}) + 50 \text{ mL } 2,0\text{M HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ pada tekanan tetap satu atmosfer. Misalnya pengukuran kalor dengan kalorimeter (misalnya ruang reaksi dirancang sedemikian rupa misalnya gas yang terjadi ditampung dalam siring dengan tertutup sangat elastis atau tanpa gaya gesekan, tekanan akibat massa tutup dapat diabaikan, dan tekanan atmosfer luar 1 atmosfer), sehingga volum gas dapat diukur bersamaan dengan pengukuran suhu sistem campuran. Dengan demikian, kalor reaksi dan usaha dapat diperhitungkan untuk menentukan ΔH reaksi demikian. Secara praktis, penentuan ΔH reaksi melalui pengukuran kalor dilakukan dengan menggunakan kalorimeter bom (*bomb calorimeter*), di mana ruang reaksi tertutup rapat dalam volum

tetap (dicegah tidak terjadi usaha atau energi untuk hal ini diserap oleh lingkungan yang berupa bahan kalorimeter dan cairan penyerap semua energi yang timbul dari reaksi). Karena kesulitan teknis dan keterbatasan alokasi waktu kajian modul, rancangan pembuktian hipotesis untuk sampel yang melibatkan gas dalam modul ini menggunakan data sekunder. Ketidakhadiran video pengumpulan data langsung (data primer) diharapkan tetap dapat menguatkan penalaran merumuskan ΔH reaksi yang melibatkan gas. Keterlibatan adanya usaha dalam reaksi yang melibatkan gas terindikasi pada selisih kalor untuk suatu reaksi tersebut jika diukur dengan *bomb calorimeter* dibanding dengan itu diukur dengan *coffee cup calorimeter* secara terbuka pada tekanan luar sebesar 1 atmosfer (udara ke luar tidak diukur). Untuk reaksi yang menghasilkan gas sebesar satu liter pada keadaan STP yakni 25°C tekanan 1 atmosfer melibatkan kerja atau usaha sebesar 1 liter atmosfer = 101.2 joule = 24.2 kalori = 0.0242 kkal.

Pembuktian hipotesis iii (sistem dan lingkungan) menggunakan gabungan data yang didapat untuk pembuktian hipotesis (i) kapasitas kalorimeter dan pembuktian hipotesis (ii) hubungan ΔH dan kalor reaksi. Rangkuman gabungan kedua data itu disajikan dalam Tabel Tk-1.3.2

Tabel TK-1.3.2 Data hasil pengukuran/eksperimen

Reaksi termokimia/peristiwa	Suhu campuran
50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter A yang bersuhu 25°C	33°C
50 mL larutan HCl 2M direaksikan dengan 50 mL larutan NaOH 2M dalam kalorimeter terset dengan suhu awal semua komponen 25°C	25.99°C

Analisis data hasil eksperimen dilakukan untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis. Analisis data biasanya memerlukan pengolahan data terlebih dahulu untuk memenuhi bentuk data yang diperlukan dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis. Beberapa perhitungan terhadap data mentah diperlukan. Perhitungan perubahan suhu dan kalor yang diserap atau dilepas masing-masing komponen yang bertransfer panas ($q = m \times c \times \Delta T$) dilakukan untuk hipotesis (i) dan (ii). Perhitungan kalor yang dilepas atau diterima kalorimeter kalori meter ($q = C \times \Delta T$). Perhitungan kerja atau usaha dari perubahan volum dan perhitungan penggabungan kalor dan usaha sebagai perubahan total energi atau perubahan entalpi (ΔH) yang hasilnya dibanding dengan harga ΔH teoritis (data sekunder dari sumber pustaka) dilakukan untuk hipotesis (ii). Hipotesis (iii) lebih lanjut menggunakan hasil pengolahan data untuk pembuktian hipotesis (i) dan (ii).. Rangkuman pengolahan data untuk ketiga hipotesis disajikan dalam Tabel Tk-1.1.4.

Tabel TK-1.1.4 Hasil pengolahan data sesuai rancangan pembuktian hipotesis (**contoh**)

Hipotesis	VB (variabel bebas = sebab) Kalorimeter berbeda/sampel (massa & jenis bahan cenderung berbeda) dalam pencampuran	VT (v. terikat = akibat) = perubahan suhu						VK (variabel kontrol)	P. prasyarat	
		Suhu kesetimbangan termal	Perubahan suhu komponen kalor dilepas/diterima							
			Pelepas panas			Penyerap panas				
			Air hangat	Air dingin	Kalorimeter					
ΔT	$q = m.c.\Delta T$ (kal)	ΔT	$q = m.c.\Delta T$ (kal)	Δt	Kapasitas panas ($C_n = q/\Delta T$)					

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 lain	Kalorimeter A (50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gram air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C).	45°C	35°C	1750	20°C	1000	20°C	$C_A = 37.50$ kal/°C	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem pada volum dan tekanan tetap (hanya ada transfer energi dalam bentuk kalor) • Masa air hangat 50 gram dan air dingin 50 gram 	$q = m \times c \times \Delta T$
	Kalorimeter A (50 gram air panas bersuhu 90°C dicampur dengan 50 gram air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C).	48.6°C	41.4	2070	23.6	1180	23.6°C	$C_A = 37.71$ kal/°C		
	Kalorimeter B (50 gram air panas bersuhu 80°C dicampur dengan 50 gr air dalam kalorimeter bersuhu awal 25°C)	47°C	33°C	1650	22°C	1100	22°C	$C_B = 25.00$ kal/°C		
Hipotesis	VB				VT				VK	P. pra-syarat
	Reaksi termokimia	W (+ utk $\Delta V < 0$; - untuk $\Delta V > 0$) =/mol	q (+ utk menerima & - utk lepas) = .. kkal/mol	ΔH (+ utk endo & - utk eksotermik) = ... kkal/mol						
ΔH reaksi = kalor reaksi pada volum dan tekanan tetap, dan sebesar total kalor reaksi dan usaha (kerja) yang dilibatkan dalam perubahan volum sistem reaksi pada tekanan tetap	*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	-13.61	-13.63	• 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	-13.57	-13.63						
	#50 mL 2,0M $Na_2CO_{3(aq)} + 50$ mL 2,0M $HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	-(11.2 liter. atm) = -0.27 kkal	~ -8,3	-8.64	P tetap 1 atm					
	#50 mL 1,0M $Na_2CO_{3(aq)} + 50$ mL 1,0M $Cl_{(aq)} \rightarrow NaCl + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	-(11.2 liter. atm) = -0.27 kkal	~ -8,3	-8.64						

Hipotesis	VB			VT		VK
	Reaksi termokimia /peristiwa transfer panas	Kelompok komponen pelepas/penerima panas		Kelompok (sistem/lingkungan)		
		Mengandung komponen menjadi pusat perhatian	Berbatasan dan bertukar panas dengan kelompok jadi pusat perhatian	Sistem (komponen dan perannya terima/lepas panas)	Lingkungan (komponen dan perannya terima/lepas panas)	
Sistem sebagai kelompok komponen melepas/menerima panas mengandung komponen yang menjadi pusat perhatian, sedangkan lingkungan sebagai kelompok komponen berbatasan dan bertukar panas dengan sistem dari suatu termokimia/peristiwa transfer panas	Penentuan kapasitas kalorimeter (tujuan) dengan penambahan air panas ke dalam kalorimeter yang berisi air dingin	Air dingin dan kalorimeter	Air hangat	Air dingin dan kalorimeter menyerap kalor (1000 + 750) = 1750 kal)	Air hangat melepas kalor (-1750 kal)	
	Pengukuran kalor reaksi penetralan (tujuan) $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}$	Partikel-partikel zat reaktan	Pelarut dan kalorimeter	Partikel-partikel zat reaktan melepas kalor (secara teori – 13,65kal/mol)	Pelarut dan kalorimeter menyerap kalor (+13,55 kkal/mol)	

Keterangan:

* secara teoritis (sumber pustaka) ΔH reaksi penetralan NaOH dan HCl adalah -13,65 kkal/mol dan kalor reaksi Na_2CO_3 dengan HCl adalah -8,64 kkal/mol.

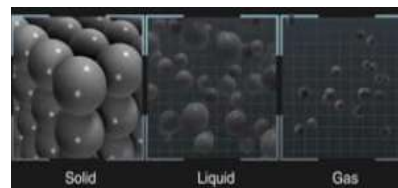
perhitungan teoritis (perkiraan selisih kalor yang terukur jika menggunakan *coffee cup calorimeter* dan *bom calorimeter*)

Interpretasi dari hasil pengolahan dan analisis data dalam tabel di atas adalah (i) setiap kalorimeter memiliki kapasitas panas tertentu dan cenderung berbeda dengan kapasitas panas kalorimeter yang lain, (ii) ΔH suatu reaksi cenderung sama dengan kalor reaksi untuk sistem reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan sama dengan total kalor reaksi dan usaha yang dilibatkan untuk sistem reaksi pada tekanan tetap, dan (iii) kelompok komponen pelepas atau penerima kalor dalam suatu termokimia/peristiwa transfer panas dianggap sistem karena mengandung komponen yang mengandung komponen sebagai pusat perhatian (seperti terkait dengan tujuan yakni konsepsi ilmiah yang dikonstruksi) dan kelompok komponen yang berbatasan dengan sistem dianggap lingkungan karena bertukar panas langsung dengan sistem tersebut.

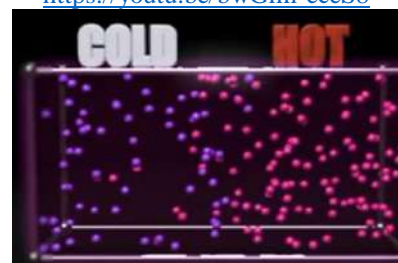
Kapasitas (C) suatu kalorimeter ditentukan dari selisih kalor antara kalor yang dilepas oleh air panas dengan kalor yang diserap oleh air dingin dibagi dengan perubahan suhu yang dialami kalorimeter. Kapasitas panas suatu kalorimeter (kapasitas kalorimeter) adalah tetap untuk kalorimeter tersebut, meskipun diukur dengan melibatkan 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 x 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, karena massa dan/atau jenis bahan (atau kalor jenis) bahan pembuat kalorimeter cenderung berbeda.

Bahan kalorimeter yang kontak dengan campuran air hangat dan air dingin yang terbuat dari bahan penghantar panas (non-isolator seperti aluminium) memiliki kalor jenis cukup besar. Jika diabaikan, maka hasil pengukuran panas yang dilepas oleh air hangat dengan kalorimeter tersebut jauh lebih kecil dari yang semestinya terjadi. Peningkatan suhu kalorimeter menunjukkan bahan padatan bahan padatan kalorimeter tersebut menyerap kalor/panas yang digunakan menambah energi getar partikel-partikel padatan (misalnya menambah kuat getaran). Pertukaran panas dari air hangat (gerakan partikel lebih cepat) kepada air dingin (gerakan partikel lebih lambat) memerlukan waktu untuk menyebar dan saling bertumbukan hingga suhu kesetimbangan dengan kecepatan partikel-partikel yang baru (suhu kesetimbangan termal campuran). Gambaran perubahan energi partikel-partikel dari air dan padatan bahan kalorimeter yang bertransfer panas dapat dimengerti dan dihayati dari ilustrasi video animasi gambar di samping.



<https://youtu.be/bwGim-ecS8>



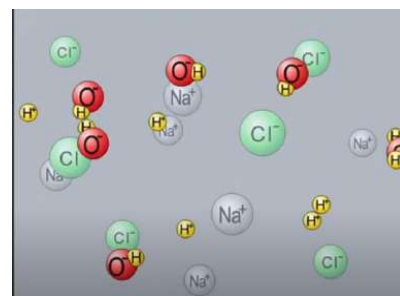
<https://youtu.be/7fqf7t-fOHI>

<https://youtu.be/pRnURDgfByE>

Pada situasi atmosfer sekeliling (*ambient*), reaksi dapat terjadi pada volum dan tekanan tetap, tetapi umumnya terjadi pada tekanan tetap dengan volum bisa tetap atau berubah yang melibatkan energi dalam bentuk usaha atau kerja ($w = P \cdot \Delta V$) selain kalor. Kalor reaksi ($q_{\text{rxn}} = m \times c \times \Delta t$) yang didapat dari hasil pengukuran suhu sistem reaksi yang dikaitkan dengan perubahan energi dalam (ΔU). Hukum I termodinamika, perubahan total energi sebagai fungsi keadaan ($\Delta H = q + w$). Untuk reaksi pada tekanan dan volum tetap ($w = P \cdot \Delta V = 0$),

$$\begin{aligned}\Delta H &= q_p + w = q_{pv} \\ &= \Delta U\end{aligned}$$

yang mana q_p adalah kalor reaksi pada tekanan tetap dan q_{pv} kalor reaksi pada tekanan dan volum tetap. Semua bertanda positif ketika sistem diberi panas dan sistem melakukan usaha (menambah volum).



<https://youtu.be/-yJxXC83Hcs>

<https://youtu.be/dvJaBUxaYuk>

Pengukuran kalor reaksi yang melibatkan gas ($q_p = m \times c \times \Delta t$) dengan *coffee cup calorimeter* pada tekanan udara luar tetap satu atmosfer tidak mengukur perubahan energi yang dilibatkan dalam bentuk usaha (terjadinya perubahan volum). Sementara perubahan total energi dalam bentuk fungsi keadaan (ΔH) mencakup perubahan energi dalam (dalam bentuk perubahan suhu) dan keterlibatan penggunaan energi dalam bentuk usaha/kerja akibat perubahan volum sistem.

Penentuan ΔH (seperti untuk pembakaran gas senyawa dari karbon) melalui pengukuran kalor reaksi dilakukan pada volum dan tekanan tetap (keterlibatan gas dibuat tidak menyebabkan perubahan volum sistem, meskipun dengan tekanan dapat berubah)

dilakukan dalam *bomb calorimeter*. Reaktan bereaksi dalam tabung baja di dalam bejana baja tertutup (volum tetap). Setelah berisi campuran reaktan yang siap bereaksi, kalorimeter bom tersebut kemudian disegel dan kemudian segera reaksi dibuat terjadi. Sebelum gas oksigen dan gas yang akan dibakar dimasukkan, gas dalam ruang tabung dikeluarkan dengan pompa pengisap. Kemudian sejumlah mol tertentu gas yang akan dibakar dan gas oksigen (sedikit berlebih dari yang dibutuhkan) dimasukkan ke dalam tabung melalui injeksi. Karena reaksi pembakaran bersifat eksotermik, suhu tabung baja dan air pendingin dalam kalorimeter bom meningkat selama pembakaran. Jika kapasitas panas bom dan massa air diketahui, panas yang dilepaskan dapat dihitung. Karena volum sistem (bagian dalam bom) tetap, reaksi pembakaran terjadi pada kondisi di mana volum tetap (**tekanan tidak pasti yang umumnya berubah, perubahan tekanan yang bergantung total mol dan perubahan suhu yang tidak menentu kurang praktis diukur**). **Panas yang dilepaskan oleh reaksi yang dilakukan pada volum tetap dan tekanan tetap (q_{pv}) identik dengan perubahan energi dalam (ΔU) daripada perubahan entalpi (ΔH)**. ΔU yang terkait dengan ΔH dengan persamaan reaksi bergantung pada perubahan jumlah mol gas dalam reaksi. Perbedaan antara aliran panas yang diukur pada volum konstan dan perubahan entalpi biasanya cukup kecil (perubahan tekanan yang tidak pasti), hanya beberapa persen. Asumsi bahwa ΔU sedikit lebih kecil dari ΔH , hubungan antara perubahan suhu terukur dan ΔH_{comb} sebagai berikut, di mana C_{bomb} adalah kapasitas panas total dari *bomb calorimeter* (bahan tabung baja dan air yang mengelilinginya).

$$\Delta H_{comb} < q_{comb} = q_{calorimeter} = C_{bomb} \Delta T$$

Kalor reaksi pada volum dan tekanan tetap (q_{pv}) = ΔU . Kalor yang terukur dengan kalorimeter pada volum tetap (q_v) seperti dalam *bomb calorimeter* mendekati ΔH (mengakomodasi energi untuk perubahan tekanan, q_v sedikit lebih kecil dari q_{pv}).

Dalam pengukuran dengan kalorimeter bom didapat

$$\begin{aligned} \Delta H < q_v = q_{pv} \\ &= q_p + w \end{aligned}$$

Untuk keadaan umum, reaksi terjadi terbuka dengan atmosfer (pada tekanan tetap dan volum dapat berubah), $q_p = \Delta U$, maka perubahan entalpi

$$\begin{aligned} \Delta H &= q_p + P \cdot \Delta V \\ &= \Delta U + P \cdot \Delta V \end{aligned}$$

Dengan demikian penentuan ΔH reaksi pada tekanan tetap (sebesar tekanan udara luar) dapat dilakukan secara langsung melalui pengukuran langsung terhadap perubahan suhu campuran ($q = m \times c \times \Delta T$) dan perubahan volum yang terjadi. Dengan pengetahuan volum satu mol gas dalam keadaan STP (=22.4 liter) dan berlaku persamaan gas umum ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$), perubahan volum yang terjadi sering ditentukan melalui pendekatan perhitungan dari perubahan mol gas yang melibatkan tanpa mengukur perubahan volum yang nyata terjadi, asalkan tekanan dan suhu atmosfer diketahui/diukur.

Untuk reaksi eksotermik ($\Delta H = \Delta U + P \Delta V$):

- a) Sistem melepas kalor ($q = m \times c \times \Delta t = \text{negatif} = -\Delta U$); sistem reaksi tidak melibatkan usaha $\Delta V = 0$, $w = 0$; $\Delta H < 0$

- b) Sistem reaksi melepas panas ($q = \text{negatif} = -\Delta U$), $\Delta V > 0$, sistem reaksi melakukan usaha atau melepas energi untuk usaha ($w = P \times \Delta V = \text{negatif} = -\Delta U$), sistem reaksi melakukan usaha atau mengeluarkan energi untuk usaha ($w = \text{negatif}$); $\Delta H = -q - w < 0$
- c) Sistem melepas panas ($q = \text{negatif} = -\Delta U$); sistem dilakukan usaha atau menambah energi dari luar ($w = P \times \Delta V = \text{positif}$); umumnya $[w] < [q]$ sehingga $\Delta H < 0$, jika $[w] > [q]$, maka ada kemungkinan $\Delta H > 0$

Untuk reaksi endotermal:

- a) Sistem menerima panas ($q = m \times c \times \Delta t = \text{positif} = \Delta U$); sistem tidak melibatkan usaha ($\Delta V = 0$); $\Delta H = q > 0$
- b) Sistem menerima panas ($q = m \times c \times \Delta t = \text{positif} = \Delta U$); sistem melakukan usaha atau mengeluarkan energi untuk kerja ($w = P \times \Delta V = \text{negatif}$); $\Delta H = q - w$ di mana biasanya $[w] < [q]$ maka $\Delta H > 0$
- c) Sistem menerima panas ($q = m \times c \times \Delta t = \text{positif} = \Delta U$); sistem dilakukan usaha atau menambah energi dari luar ($w = P \times \Delta V = \text{positif}$); $\Delta H = q + w > 0$

Pengukuran kalor reaksi yang sekaligus mengukur ΔH untuk reaksi dengan keterlibatan gas dengan menggunakan kalorimeter bom (terjadinya gas dicegah melibatkan perubahan volum sistem, reaksi terjadi dalam volum tetap). Dalam kondisi demikian (pengukuran kalor dengan kalorimeter bom), kalor yang terukur = ΔH . Pernyataan $\Delta H = \Delta U + P \cdot \Delta V$ sesuai dengan ungkapan hukum I termodinamika kekekalan energi.

Diagram entalpi.

Diagram entalpi contoh reaksi eksotermik pembakaran gas metana dan contoh reaksi endotermal foto sintesis glukosa pada tanaman entalpinya sebagai berikut

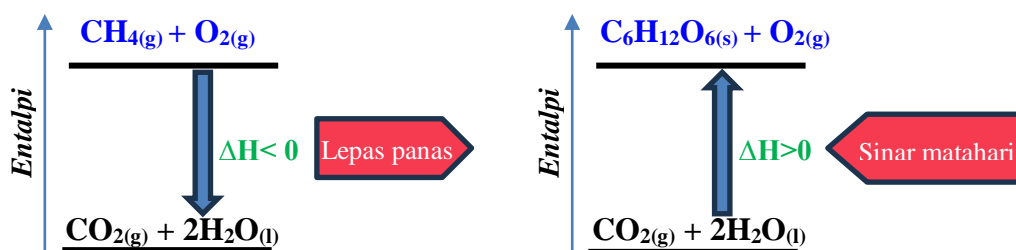


Diagram entalpi reaksi eksotermik

Diagram entalpi reaksi endotermal

Meskipun besaran harga $m \times c \times \Delta t$ sebagai kalor yang terukur dengan menggunakan kalorimeter **model cup** memberikan fenomena makroskopis 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 volum), pengukuran kalor reaksi dilakukan dengan *bomb calorimeter* di mana sistem reaksi dibuat/dilaksanakan dalam volum tetap (tertutup dengan lingkungan penyerap panas secara efektif dan mudah dihitung/diketahui), sehingga reaksi dapat dianggap terjadi pada volum tetap. Dengan demikian, kalor reaksi yang terukur dengan *bomb calorimeter* akan sama dengan ΔH .

ΔH merupakan fungsi keadaan seperti ketinggian gunung selalu tetap. ΔH merupakan perubahan total energi yang mengakomodasi kalor reaksi dan kerja yang terlibat. Namun kalor dan usaha tidak merupakan fungsi keadaan yakni seperti panjang jalan (jarak tempuh) untuk mencapai ketinggian yang sama dapat berbeda yang bergantung pada macam jalan yang ditempuh. Jalan vertikal akan lebih pendek meskipun berat dari pada ditempuh melalui jalan miring berkelok yang lebih panjang tetapi lebih mudah. Kesulitan penentuan ΔH melalui kalor reaksi untuk reaksi yang melibatkan gas dapat diatasi seperti dengan menggunakan kalorimeter bom. Untuk suatu reaksi kimia (reaksi sama) yang melibatkan gas, besar kalor reaksi jika diukur dengan kalorimeter bom akan berbeda dengan jika diukur dengan *coffee cup calorimeter*. Besar perbedaan kalor yang terukur tersebut sebesar usaha (kerja perubahan volum sistem). ΔH reaksi secara umum dapat diukur. Dengan demikian dan sebagai fungsi keadaan, ΔH untuk sistem reaksi pada keadaan standar (tekanan 1 atmosfer dan suhu 25°C) menjadi informasi lebih konsisten dibanding kalor reaksi dalam kajian termokimia. Tabel ΔH pembentukan standar sejumlah senyawa sebagai berikut.

Standard Enthalpy of Formation* for Various Compounds					
Compound	ΔH_f° (kJ/mol)	Compound	ΔH_f° (kJ/mol)	Compound	ΔH_f° (kJ/mol)
Ag ₂ O(s)	-30.6	C ₂ H ₅ OH(l)	-277.6	HCl(g)	-92.3
Ag ₂ S(s)	-31.8	C ₂ H ₆ (g)	-84.7	HF(g)	-268.6
AgBr(s)	-99.5	C ₃ H ₈ (g)	-103.8	HgO(s)	-90.7
AgCl(s)	-127.0	n-C ₄ H ₁₀ (g)	-124.7	HgS(s)	-58.2
AgI(s)	-62.4	n-C ₅ H ₁₂ (l)	-173.1	HI(g)	+25.9
Al ₂ O ₃ (s)	-1669.8	CO(g)	-110.5	HNO ₃ (l)	-173.2
BaCl ₂ (s)	-860.1	CO ₂ (g)	-393.5	KBr(s)	-392.2
BaCO ₃ (s)	-1218.8	CoO(s)	-239.3	KCl(s)	-435.9
BaO(s)	-558.1	Cr ₂ O ₃ (s)	-1128.4	KClO ₃ (s)	-391.4
BaSO ₄ (s)	-1465.2	Cu ₂ O(s)	-166.7	KF(s)	-562.6
Ca(OH) ₂ (s)	-986.6	CuO(s)	-155.2	Mg(OH) ₂ (s)	-924.7
CaCl ₂ (s)	-795.0	CuS(s)	-48.5	MgCl ₂ (s)	-641.8
CaCO ₃ (s)	-1207.0	CuSO ₄ (s)	-769.9	MgCO ₃ (s)	-1113
CaO(s)	-635.5	Fe ₂ O ₃ (s)	-822.2	MgO(s)	-601.8
CaSO ₄ (s)	-1432.7	Fe ₃ O ₄ (s)	-1120.9	MgSO ₄ (s)	-1278.2
CCl ₄ (l)	-139.5	H ₂ O(g)	-241.8	MnO(s)	-384.9
CH ₃ OH(l)	-238.6	H ₂ O(l)	-285.8	MnO ₂ (s)	-519.7
CH ₄ (g)	-74.8	H ₂ O ₂ (l)	-187.6	NaCl(s)	-411.0
CHCl ₃ (l)	-131.8	H ₂ S(g)	-20.1	NaF(s)	-569.0
C ₂ H ₂ (g)	+226.7	H ₂ SO ₄ (l)	-811.3	NaOH(s)	-426.7
C ₂ H ₄ (g)	+52.3	HBr(g)	-36.2	NH ₃ (g)	-46.2

* All standard enthalpy values are at 25°C and 1 atmosphere of pressure.

Pengetahuan ΔH standar reaksi pembentukan (dari unsur-unsurnya) pada keadaan standar akan penting pada elaborasi semua jenis reaksi kimia yang telah dikenal. Dengan penetapan ΔH unsur standar (pada keadaan STP) berharga nol, besaran fungsi keadaan

perubahan ΔH reaksi (perubahan keadaan energi yang konsisten seperti analogi ketinggian tempat yang sama atau konsisten, meskipun panjang jalan pencapaiannya bisa berbeda) menjadi sangat berguna dalam kajian termokimia, karena suatu senyawa dapat terbentuk dan terurai menjadi unsur-unsur pembentuknya dalam keadaan sistem yang berbeda. Unsur menjadi reaktan pada reaksi pembentukan senyawa. Selanjutnya senyawa dapat menjadi reaktan pada reaksi yang lain seperti reaksi pembakaran gas metana. Sebaliknya senyawa dapat menjadi reaktan dalam reaksi penguraian menjadi unsur-unsurnya seperti pada reaksi elektrolisis air.

Data dalam tabel di atas dapat digunakan untuk memperkirakan ΔH reaksi pembakaran metana $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ dalam keadaan standar (25°C tekanan 1 atmosfer). ΔH reaksi pembakaran metana

$$\begin{aligned} &= ((\Delta H \text{ pembentukan } \text{CO}_2(\text{g})) + 2(\Delta H \text{ pembentukan } \text{H}_2\text{O}(\text{l}))) - (\Delta H \text{ pembentukan } \text{CH}_4(\text{g}) + \\ &\quad \Delta H \text{ O}_2(\text{g})) \text{ per mol} \\ &= ((-393.5 + 2(-285.8)) - (2(-74.8) + 0)) \text{ kJ} \\ &= -815.5 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pertukaran kalor (sebagai bentuk energi) terjadi antara kelompok komponen pemberi dan kelompok komponen penerima kalor atau antara sistem (yang menjadi pusat perhatian) dan lingkungan (yang dilibatkan bertransfer kalor oleh sistem) dalam suatu peristiwa/reaksi kimia (termokimia). Komponen yang menerima panas atau menerima panas hanya menjadi komponen dari salah satu kelompok sistem atau lingkungan saja. Kelompok komponen kalorimeter dan air dingin di dalamnya dapat dianggap sebagai sistem karena mengandung komponen kalorimeter sebagai komponen yang menjadi pusat perhatian (dalam tujuan penentuan kapasitas panas kalorimeter), sedang air hangat yang ditambahkan ke dalam kalorimeter yang berisi air dingin sebagai lingkungannya. Sementara kelompok komponen partikel-partikel zat-zat reaktan sebagai sistem (sebagai pusat perhatian) dan pelarut dan kalorimeter sebagai lingkungan dalam kegiatan dengan tujuan penentuan kalor atau perubahan entalpi reaksi.

Hasil analisis pembuktian tiga hipotesis tersebut menyimpulkan sebagai berikut. (i) 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 (hipotesis diterima). (ii) ΔH suatu reaksi cenderung sama dengan kalor reaksi untuk sistem reaksi pada tekanan dan volum tetap, dan sama dengan total kalor reaksi dan usaha yang dilibatkan untuk sistem reaksi pada tekanan tetap. (iii) Sistem sebagai kelompok komponen melepas atau menerima panas mengandung komponen yang menjadi pusat perhatian, sedangkan lingkungan sebagai kelompok komponen berbatasan dan bertukar panas dengan sistem dari suatu termokimia/peristiwa transfer panas. Hasil eksperimen menunjukkan ketiga rumusan hipotesis terbukti benar (diterima).

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 ilmiah 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. Keterkaitan jenis-jenis pengetahuan dalam konstruksi konsepsi ilmiah akibat-sebab disajikan dalam bentuk tabel berikut.

Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah dilibatkan	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan konseptual akibat-sebab	Pengeta-huan prasyarat	Meta-kognitif
<ul style="list-style-type: none"> • Kalorimeter (KM) menyerap/melepas panas • KM memiliki kapasitas panas (C) tertentu/ tetap dengan satuan kalori/°C • Suatu KM memiliki massa dan terbuat dari bahan tertentu (cukup ditentukan sekali jika digunakan berulang-ulang) • KM lain cenderung memiliki C yang berbeda 	<ol style="list-style-type: none"> 1) mengamati feno-mena & mendaftarkan informasi awal ke-butuhan rumusan masalah & hipotesis 2) merumuskan masalah investigasi 3) merumuskan hipo-tesis & merancang pembuktiannya 4) melakukan pengambilan data eksperimen 5) mengolah dan menganalisis data menuju pembuktian hipotesis 6) membuat simpulan 7) menemukan metakognitif 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalorimeter dengan massa & bahannya sendiri 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitas kalori meter (C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Volum & tekanan sistem tetap (hanya terjadi transfer energi dalam bentuk kalor saja) 	<ul style="list-style-type: none"> • 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"> • <i>Black's principle</i> • Metode eleborasi 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 pengetahuan konseptual (pengetahuan ilmiah) yang ditemukan serta jenis pengetahuan faktual dan prosedur ilmiah untuk dalam dua konsepsi ilmiah sasaran yang lain dikerjakan sebagai salah satu isi tugas kelompok dalam sesi tugas pada akhir unit modul ini.

c. Tugas kuliah 5M materi kluster TK-1:

Juga disediakan dalam bentuk *google form* yang dipecah per konsep sasaran.

i. Tugas perorangan atau kelompok kecil investigatif:

Dapat dikerjakan secara *online (google form)*, buka tautan **(i) [tugas kapasitas kalorimeter](#)**, **(ii) [tugas hubungan ΔH-kalor reaksi](#)**, dan **(iii) [tugas sistem-lingkungan](#)**.

- 1) Isian kegiatan lembar kerja 5M kerjakan pada tautan lembar kerja (tidak perlu diisi lagi jika sudah mengerjakan lembar kerja)
- 2) Temukan metakognitif dan keterkaitan jenis pengetahuan untuk konsepsi ilmiah yang telah ditemukan melalui isian format/tabel berikut .

Pengetahuan konseptual	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah dilibatkan	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif

- 3) Latihan soal (hanya disediakan *online*): pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep-konsep kimia yang disasar terkait dengan modul TK-1) yang ada pada akhir Chapter 20 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition (atau edisi yang lebih baru). New York : McGraw-Hill Higher Education” sebagai persiapan mengikuti *quiz* selama sekitar 25 menit bersamaan dengan unggah terakhir tugas pasca-kuliah untuk modul ini pada hari ketiga setelah akhir kuliah tatap muka modul ini. Tugas untuk setiap konsep sasaran klik tautan: (i) soal kapasitas kalorimeter, (ii) soal hubungan ΔH-kalor reaksi, dan (iii) soal sistem-lingkungan.

ii. Post-test online (*google form*, akses hubungi ibnsudria@gmail.com) untuk konstruksi konsepsi ilmiah [kapasitas kalorimeter](#), hubungan [ΔH dan kalor reaksi](#), dan [sistem-lingkungan](#).

GLOSARIUM

Aspek pembelajaran utuh mencakup kognitif, afektif, dan produk

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 x Cp x Δt.

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

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

Kalor jenis (c): 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 kebasaaan menuju sifat netral.

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

Sistem termokimia: kelompok komponen dari suatu peristiwa/termokimia yang mempertukarkan energi dan menjadi pusat perhatian

Lingkungan: kelompok komponen dari suatu peristiwa/termokimia yang mempertukarkan energi (serah/terima energi) dengan sistem

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 model visualisasi terutama gerakan partikel sub-mikroskopis (molekuler) dari materi

References

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

KITA PASTI BISA DAN SUKSES.