

**Buku Panduan Guru**

# **KIMIA**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI**

**2022**

**SMA/MA KELAS XI**

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia**  
Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Buku Panduan Guru**  
**Kimia untuk SMA/MA Kelas XI**

**Penulis**

Munasprianto Ramli  
Nanda Saridewi  
Tiktik Mustika Budhi  
Aang Suhendar

**Penelaah**

Roto  
Sri Mulyani

**Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno  
Lenny Puspita Ekawaty  
Anggraeni Dian Permatasari  
Galuh Ayu Mungkashi

**Kontributor**

Henny Eka Kristina S.  
Muhamad Syahrul

**Ilustrator**

Arief Firdaus  
Felia Febriany Gunawan

**Editor**

Harris Syamsi Yulianto

**Desainer**

Harris Syamsi Yulianto

**Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

**Dikeluarkan oleh:**

Pusat Perbukuan  
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan pertama, 2022  
ISBN 978-602-427-896-0 (no.jil.lengkap)  
ISBN 978-602-427-897-7 (jil.1)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10pt, Apache License.  
x, 230 hlm.: 17,6 x 25 cm.

# Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 262/M/2022 Tentang Perubahan atas Keputusan Mendikbudristek No. 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran, serta Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Desember 2022  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 196804051988121001

# Prakata

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Panduan Guru Kimia Kelas XI. Buku ini digunakan oleh guru kelas XI SMA/MA sebagai panduan dalam menggunakan Buku Siswa Kimia Kelas XI. Buku panduan guru ini dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu panduan umum dan panduan khusus. Pada panduan umum dibahas mengenai penguatan dimensi Profil Pelajar Pancasila, karakteristik spesifik mata pelajaran, Capaian Pembelajaran (CP), Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), gambaran umum strategi pembelajaran kimia di kelas XI, dan penjelasan bagian-bagian Buku Siswa.

Panduan khusus terbagi menjadi tujuh bab, sesuai dengan jumlah bab pada Buku Siswa. Setiap bab dari buku ini mempunyai struktur yang sama, terdiri atas pendahuluan, skema pembelajaran, dan panduan pembelajaran tiap subbab dalam setiap pertemuan. Pendahuluan berisi tentang gambaran dari setiap bab yang ada pada Buku Siswa. Panduan pembelajaran digambarkan dalam bentuk tabel. Panduan pembelajaran untuk setiap pertemuan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu tujuan pembelajaran, pengetahuan prasyarat dan konsepsi, serta tahapan pembelajaran.

Buku guru ini juga dilengkapi dengan kunci jawaban untuk soal-soal yang ada pada Buku Siswa serta alternatif sumber belajar, baik bagi guru maupun peserta didik. Meskipun buku ini merupakan panduan penggunaan Buku Siswa, tentunya perlu penyesuaian dan improvisasi dari para guru ketika mengimplementasikannya di dalam kelas, disesuaikan dengan situasi dan kondisi yang ada di kelas masing-masing.

Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan pendidikan di Indonesia, khususnya pendidikan kimia. Penulis juga menyadari sepenuhnya kalau buku ini masih belum sempurna sehingga berharap masukan dari para guru kimia untuk penyempurnaan isi buku di masa yang akan datang.

Jakarta, Desember 2022

Tim Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	v
Petunjuk Penggunaan Buku .....	vii
<b>Panduan Umum .....</b>	<b>1</b>
A. Pendahuluan .....	2
B. Profil Pelajar Pancasila .....	2
C. Karakteristik Spesifik Mata Pelajaran .....	5
D. Capaian Pembelajaran .....	6
E. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa .....	9
F. Strategi Umum Pembelajaran .....	11
G. Panduan Khusus .....	14
<b>Bab I Panduan Khusus: Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur .....</b>	<b>15</b>
A. Pendahuluan .....	16
B. Skema Pembelajaran .....	16
C. Panduan Pembelajaran .....	19
<b>Bab II Panduan Khusus: Ikatan Kimia .....</b>	<b>35</b>
A. Pendahuluan .....	36
B. Skema Pembelajaran .....	37
C. Panduan Pembelajaran .....	41
<b>Bab III Panduan Khusus: Stoikiometri .....</b>	<b>65</b>
A. Pendahuluan .....	66
B. Skema Pembelajaran .....	67
C. Panduan Pembelajaran .....	69
<b>Bab IV Panduan Khusus: Hidrokarbon .....</b>	<b>93</b>
A. Pendahuluan .....	94
B. Skema Pembelajaran .....	95
C. Panduan Pembelajaran .....	98

<b>Bab V Panduan Khusus: Termokimia .....</b>	<b>119</b>
A. Pendahuluan .....	120
B. Skema Pembelajaran .....	121
C. Panduan Pembelajaran .....	126
<b>Bab VI Panduan Khusus: Kinetika Kimia.....</b>	<b>155</b>
A. Pendahuluan .....	156
B. Skema Pembelajaran .....	157
C. Panduan Pembelajaran .....	159
<b>Bab VII Panduan Khusus: Keseimbangan Kimia.....</b>	<b>181</b>
A. Pendahuluan .....	182
B. Skema Pembelajaran .....	183
C. Panduan Pembelajaran .....	186
Lampiran.....	211
Glosarium.....	213
Daftar Pustaka .....	219
Indeks.....	220
Profil Pelaku Perbukuan .....	223

# Petunjuk Penggunaan Buku

Buku ini disusun dengan berbagai aktivitas belajar yang mengasah kreativitas, berpikir kritis, dan analitis. Peserta didik diajak untuk mengembangkan keterampilan proses, bekerja sama, dan berkomunikasi untuk memecahkan masalah kehidupan sehari-hari untuk menunjang pembangunan yang berkelanjutan.

Sebelum masuk pada materi pembelajaran, peserta didik sebaiknya diperkenalkan terlebih dahulu bagian-bagian dari buku ini berikut cara penggunaan dan manfaatnya. Penggunaan buku ini hanya bersifat sebagai inspirasi dan tidaklah mengikat. Guru dapat menyesuaikan pembelajaran dengan kondisi sekolah masing-masing.



## Sampul Bab

Berisi gambar yang terkait materi bab yang akan dipelajari disertai dengan tujuan mempelajari bab tersebut. Cobalah untuk memahami apa kaitan gambar tersebut terhadap judul bab yang akan kalian pelajari.

## Mind Map

Berisikan pembagian topik utama suatu bab ke dalam sub-subtopik sebagai pemetaan pembelajaran yang akan kalian pelajari. Dengan demikian, hal ini akan membantu kalian memahami konsep suatu bab secara menyeluruh.



## Komik Kimia



## Komik Kimia

Berisi fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan bab yang akan dipelajari. Melalui komik ini diharapkan dapat memancing rasa ingin tahu kalian untuk lebih mendalami isi materi bab ini.



## Aktivitas

Berisikan beragam kegiatan yang dapat mendukung proses pembelajaran selain dari penyampaian materi oleh guru. Mulai dari kegiatan berdiskusi di dalam kelas hingga percobaan di laboratorium. Diharapkan kalian dapat berpartisipasi aktif dalam kegiatan tersebut.



## Aktivitas 4.4

Bagaimana cara mendeteksi adanya unsur karbon dan hidrogen dalam suatu senyawa? Coba kalian lakukan aktivitas berikut ini.

1. Siapkanlah alat seperti gambar di samping. Usahkan bahan-bahan yang lebih terpelak atau beli yang paling murah.
2. Lakukan percobaan ini dan amati perubahan yang terjadi.
3. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi.
4. Apa yang dapat kalian simpulkan dari percobaan ini?





**Ayo Berlatih**

Mencari persamaan kalian dengan mengerjakan latihan berikut ini.

- Tentukan rumus empiris dari senyawa yang sesuai oleh:
  - 43,0% besi dan 56,4 berang
  - 35,2% oksigen, 49% karbon, dan 6,7% hidrogen
- Polimer adalah senyawa berbentuk rantai molekul panjang dan berulang yang dibentangkan oleh ikatan kovalen melalui proses polimerisasi. Polimer sangat banyak penggunaannya dalam kehidupan, misalnya bahan kaos, plastik antiplastik, dan pipa PVC. Tentukan rumus empiris dari polimer berikut ini!
  - Polistiren yang termasuk dari 92,2% karbon dan 7,7% hidrogen
  - Polietilen yang termasuk dari 82,2% karbon dan 17,7% hidrogen
- Urutlah berdasarkan produk, sebuah produsen gas mana yang menggunakan zat warna lain. Zat warna ini memiliki komposisi 75,0% C, 17,2% N, dan 6,2% H. Tentukan rumus molekul dari zat warna ini jika massa molarnya adalah 400 g mol<sup>-1</sup>!



## Pengayaan

Pada akhir bab kalian akan disajikan informasi tambahan terkait materi yang sudah dipelajari. Bagian ini tentu akan memperkaya wawasan kalian. Selain itu, cobalah untuk mencari informasi lebih jauh melalui internet atau sumber belajar lainnya.

**Inti Sari**

Fertilitas suatu penyusutan atom adalah proton, neutron, dan elektron. Proton sebagai penyusutan inti atom yang bermuatan positif di keliling oleh elektron yang bergerak dalam orbitannya. Sistem periodik unsur bentuk panjang menjelaskan bahwa unsur-unsur disusun berdasarkan besarnya nomor atom. Nilai keperiodikan suatu unsur terdiri atas jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan. Jari-jari atom semakin mengecil dengan bertambahnya jumlah proton dan elektron dalam pada klor yang sama dan bertambah seiring bertambahnya jumlah kulit. Energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan semakin bertambah dengan bertambahnya jari-jari atom dan berkurang dengan meningkatnya jari-jari atom. Nilai keperiodikan unsur sangat mempengaruhi kestabilan suatu unsur. Unsur yang sudah melepaskan atau menerima elektron memiliki kestabilan yang besar karena sudah mencapai dengan unsur lainnya. Kestabilan suatu unsur dapat diprediksi, yaitu dengan melihat kelengkapan elektron.

## Ayo Berlatih



Berisi soal-soal latihan sesuai dengan subbab yang dipelajari. Soal-soal ini diharapkan dapat melatih kemampuan kalian dalam memahami konsep yang sudah dipelajari. Cobalah untuk menyelesaikannya seorang diri dan banyaklah berlatih. Apabila ada kesulitan mintalah petunjuk pada gurumu.



## Pengayaan

Materi berkeas ternyata tersusun atas atom nonlogam

Intan merupakan salah satu mineral yang terdapat di Indonesia. Secara alami, intan berbentuk bulat-bulat prosa yang sangat panjang. Intan memiliki ketahanan mekanis yang sangat kuat dan tidak ada atom pengotor lainnya, seperti oksigen, sulfur, dan hidrogen.



Besipati hanya terdiri atas atom karbon, unsur yang sangat kuat atom-atomnya menjadikannya intan sebagai material yang sangat keras. Kekerasan intan mencapai 10 Mohs. Nilai ini merupakan standar kekerasan yang tertinggi. Berkat kekerasannya material intan banyak digunakan sebagai pemotong. Selain itu, sifat konduktivitas atom-atom karbon yang sangat terarah menjadikan struktur atomiknya kuat. Struktur yang sangat teratur ini juga menjadikan intan sebagai sebuah mineral yang sangat berharga terutama sebagai perhiasan, sehingga dikenal dengan istilah batu mulia.

Coba tentukan contoh mineral lain yang lebih keras dan tentukan ketahanan apa saja yang membentuk senyawa perhiasannya?

## Inti Sari



Berisi ringkasan materi pada tiap-tiap bab yang berbentuk narasi. Dengan membacanya diharapkan kalian dapat mengingat kembali apa saja yang sudah dipelajari, termasuk konsep-konsep yang perlu penekanan sebagai bekal dalam mempelajari bab selanjutnya.



## Ayo Refleksi

Bagian ini mengajak kalian untuk jujur pada diri sendiri dalam menanggapi setiap pernyataan terkait materi yang sudah dipelajari. Sebaiknya kalian juga menyampaikan hal-hal yang menurut kalian masih sulit dipahami sebelum beralih pada bab selanjutnya.

## Ayo Refleksi

Setelah mempelajari materi struktur atom dan sistem periodik unsur, silakan kalian merefleksikan diri. Berilah tanda Ya/Tidak untuk pernyataan berikut ini.

No.	Pernyataan	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Saya dapat menggambarkan struktur atom berdasarkan hasil analisis perkembangan model atom.		
2.	Saya dapat memvisualisasikan konfigurasi elektron dalam suatu atom.		
3.	Saya dapat menguraikan konfigurasi elektron dan memprediksi sifat kimianya dalam sistem periodik unsur.		
4.	Saya dapat mengidentifikasi kecenderungan sifat unsur dan hubungannya dengan konfigurasi atom.		

Menurut kalian materi manakah yang sulit untuk dipahami dalam bab struktur atom dan sistem periodik unsur? Jelaskan alasannya!

## Ayo Cek Pemahaman

Yodium adalah gas yang paling berat!

1. Seorang pelajar melakukan percobaan di laboratorium mengenai reaksi elektrolisis dan reduksi-oksidasi. Data percobaan yang ia peroleh sebagai berikut.

Percobaan	Reaksi	Volume CO <sub>2</sub>	Volume H <sub>2</sub>
1	$Mg + HCl$	37	38
2	$MgCl_2 + NaOH$	37	38
3	$HCl + CaCO_3$	37	38
4	Asam cuka + H <sub>2</sub> O	38	39
5	$H_2SO_4 + NaOH$	37	38

Berdasarkan data hasil percobaan, reaksi yang berlangsung sesuai stoikiometri adalah percobaan nomor ...

- a. 1 dan 3
- b. 2 dan 5
- c. 3 dan 4
- d. 1 dan 4

2. Persamaan termodinamika di bawah ini yang merupakan reaksi penguraian adalah ...

- a.  $2H_2(g) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$   $\Delta H^\circ = -286 \text{ kJ}$
- b.  $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$   $\Delta H^\circ = +178 \text{ kJ}$
- c.  $CaH_2 + 2H_2 \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + CaCO_3(s)$   $\Delta H^\circ = -9 \text{ kJ}$
- d.  $NaNO_3(s) \rightarrow NaNO_2(s) + \frac{1}{2}O_2(g)$   $\Delta H^\circ = -38 \text{ kJ}$
- e.  $NaNO_3(s) \rightarrow NaNO_2(s) + NO_2(g)$   $\Delta H^\circ = -10 \text{ kJ}$

## Ayo Cek Pemahaman



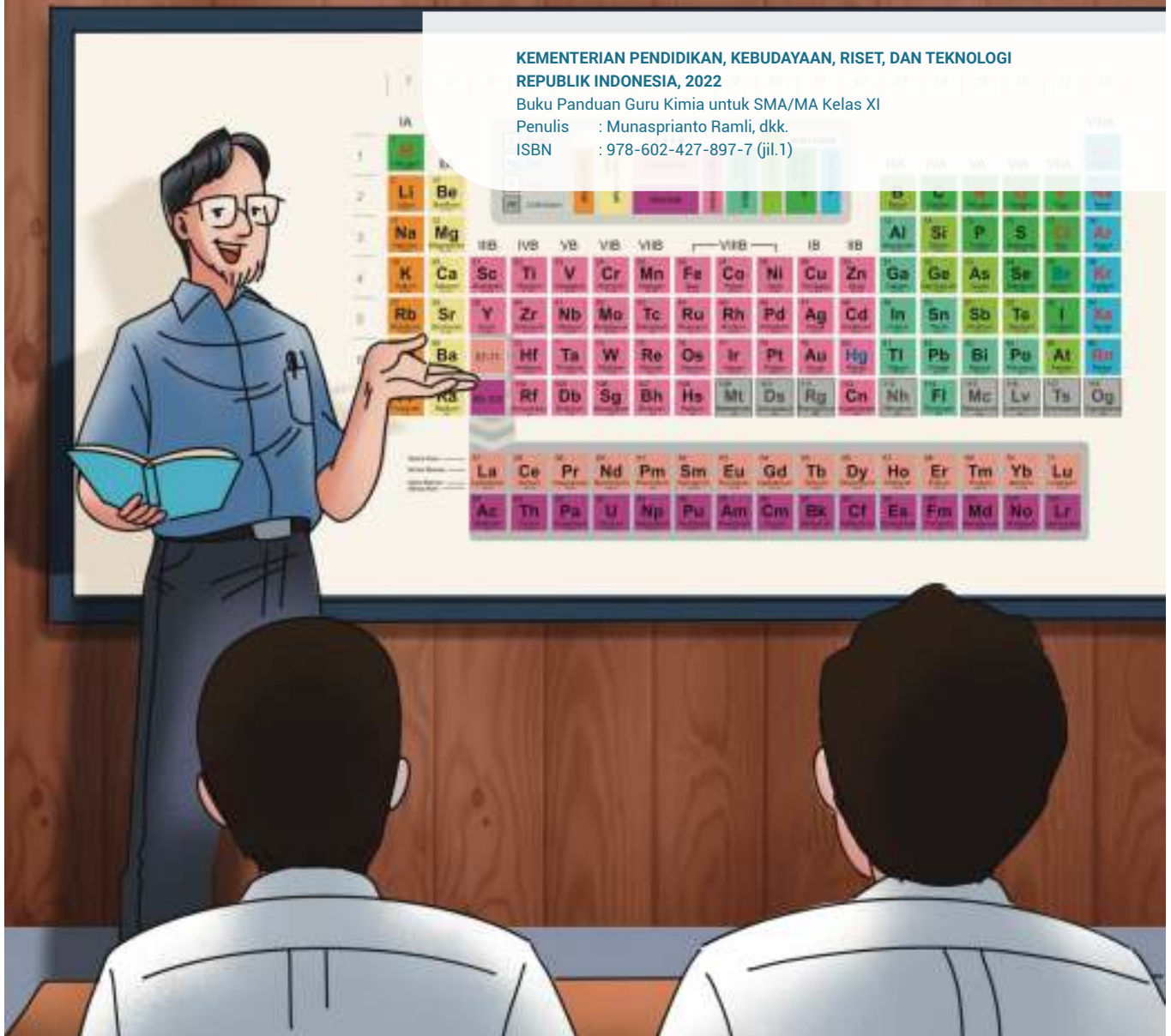
Pada akhir bab, kalian akan disajikan berbagai pertanyaan terkait materi pada bab tersebut. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dimunculkan dalam berbagai variasi soal, tidak hanya untuk mengakses pengetahuan, tetapi juga kemampuan literasi sains dan numerasi kalian. Banyaklah berlatih dari sumber buku lain agar kalian lebih siap dalam menghadapi ujian kelak.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)



# Panduan Umum

## A. Pendahuluan

Buku ini merupakan panduan bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran pada Buku Siswa Kimia Kelas XI. Buku guru ini terdiri atas panduan umum dan panduan khusus. Dalam panduan umum dibahas mengenai penguatan dimensi Profil Pelajar Pancasila, karakteristik spesifik mata pelajaran, Capaian Pembelajaran (CP), Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), gambaran umum strategi pembelajaran kimia di kelas XI, dan penjelasan bagian-bagian Buku Siswa. Adapun dalam panduan khusus dibahas mengenai skema pembelajaran, rekomendasi alokasi waktu untuk setiap subbab, tujuan pembelajaran, pengetahuan prasyarat dan konsepsi, tahapan pembelajaran, konstruksi pengetahuan, aplikasi konsep, refleksi pembelajaran, serta kunci jawaban Ayo Berlatih dan Ayo Cek Pemahaman yang terdapat dalam Buku Siswa. Berbagai metode pembelajaran yang disajikan dalam buku ini diharapkan dapat menjadi inspirasi bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran yang berpihak pada peserta didik.

Pada bagian skema pembelajaran disajikan garis besar langkah pembelajaran setiap subbab materi pokok dan sumber ajarnya. Garis besar langkah pembelajaran ini selanjutnya dijabarkan kembali pada bagian panduan pembelajaran. Pada bagian langkah pembelajaran disajikan aktivitas-aktivitas yang terdapat pada Buku Siswa. Aktivitas yang disajikan mulai dari tahap motivasi, penguatan konsep awal dan perolehannya, verifikasi, maupun aplikasi konsep. Aktivitas yang dihadirkan dalam pembelajaran dapat berupa kegiatan demonstrasi, permainan, eksperimen di laboratorium, eksperimen virtual, diskusi kelompok, dan studi literatur.

## B. Profil Pelajar Pancasila

Pada pembelajaran kimia di kelas XI berbagai aktivitas dilaksanakan untuk mendukung penguatan Profil Pelajar Pancasila. Enam dimensi Profil Pelajar Pancasila dipandang secara utuh sebagai satu kesatuan agar setiap individu dapat menjadi pelajar sepanjang hayat yang kompeten, berkarakter, dan berperilaku sesuai nilai-nilai Pancasila.

Dimensi Profil Pelajar Pancasila ini terdiri atas: 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bergotong royong, 4) berkebinekaan global, 5) bernalar kritis, dan 6) kreatif.

Pengembangan Profil Pelajar Pancasila disesuaikan dengan perkembangan psikologis dan kognitif peserta didik sesuai dengan alur dimensi Profil Pelajar Pancasila yang tercantum dalam Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 009/H/KR/2022 tentang Dimensi, Elemen, dan Subelemen Profil Pelajar Pancasila pada Kurikulum Merdeka.

Beberapa elemen Profil Pelajar Pancasila yang mendapatkan porsi paling kuat dalam perkembangannya setelah pembelajaran kimia di antaranya terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Elemen Profil Pelajar Pancasila dalam Pembelajaran Kimia

Dimensi	Elemen	Subelemen	Profil Pelajar Pancasila
Gotong royong	Kolaborasi	Kerja sama	Membangun tim dan mengelola kerja sama untuk mencapai tujuan bersama sesuai dengan target yang sudah ditentukan.
		Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktif menyimak untuk memahami dan menganalisis informasi, gagasan, emosi, keterampilan, dan keprihatinan yang disampaikan oleh orang lain dan kelompok menggunakan berbagai simbol dan media secara efektif, serta menggunakan berbagai strategi komunikasi untuk menyelesaikan masalah guna mencapai berbagai tujuan bersama.
	Kepedulian	Tanggap terhadap lingkungan sosial	Tanggap terhadap lingkungan sosial sesuai dengan tuntutan peran sosialnya dan berkontribusi sesuai dengan kebutuhan masyarakat untuk menghasilkan keadaan yang lebih baik.

Dimensi	Elemen	Subelemen	Profil Pelajar Pancasila
Bernalar kritis	Memperoleh dan memproses informasi dan gagasan	Mengajukan pertanyaan	Mengajukan pertanyaan untuk menganalisis secara kritis permasalahan yang kompleks dan abstrak.
		Mengidentifikasi, mengklarifikasi, dan mengolah informasi dan gagasan	Secara kritis mengklarifikasi serta menganalisis gagasan dan informasi yang kompleks dan abstrak dari berbagai sumber. Memprioritaskan suatu gagasan yang paling relevan dari hasil klarifikasi dan analisis.
	Menganalisis dan mengevaluasi penalaran dan prosedurnya	Elemen menganalisis dan mengevaluasi penalaran dan prosedurnya	Menganalisis dan mengevaluasi penalaran yang digunakannya dalam menemukan dan mencari solusi serta mengambil keputusan.
	Refleksi pemikiran dan proses berpikir	Merefleksi dan mengevaluasi pemikirannya sendiri	Menjelaskan alasan untuk mendukung pemikirannya dan memikirkan pandangan yang mungkin berlawanan dengan pemikirannya serta mengubah pemikirannya jika diperlukan.
Kreatif	Menghasilkan gagasan yang orisinal		Menghasilkan gagasan yang beragam untuk mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya, menilai gagasannya, serta memikirkan segala risikonya dengan mempertimbangkan banyak perspektif seperti etika dan nilai kemanusiaan ketika gagasannya direalisasikan.
	Menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal		Mengeksplorasi dan mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya dalam bentuk karya dan/atau tindakan, serta mengevaluasinya dan mempertimbangkan dampak dan risikonya bagi diri dan lingkungannya dengan menggunakan berbagai perspektif.

Dimensi	Elemen	Subelemen	Profil Pelajar Pancasila
	Memiliki keluwesan berpikir dalam mencari alternatif solusi permasalahan		Bereksperimen dengan berbagai pilihan secara kreatif untuk memodifikasi gagasan sesuai dengan perubahan situasi.

Meskipun demikian, dalam implementasi pembelajaran kimia, semua elemen Profil Pelajar Pancasila selain pada Tabel 1 di atas tetap mendapatkan penguatan.

### C. Karakteristik Spesifik Mata Pelajaran

Mata pelajaran kimia memiliki tiga karakteristik utama, yaitu dunia makroskopis, submikroskopis, dan dunia lambang. Sebagai dunia makroskopis, mata pelajaran kimia merupakan pemahaman sains berupa materi-materi yang perlu dikuasai peserta didik agar memiliki pengetahuan dan keterampilan dasar untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Sedangkan sebagai dunia submikroskopis dan dunia lambang, pelajaran kimia merupakan kegiatan pembelajaran yang melatih peserta didik dalam mencapai keterampilan proses berupa keterampilan saintifik dan rekayasa yang meliputi: (1) mengamati, (2) mempertanyakan dan memprediksi, (3) merencanakan dan melakukan penyelidikan, (4) memproses dan menganalisis data dan informasi, (5) mencipta, (6) mengevaluasi dan merefleksi, serta (7) mengomunikasikan hasil.

Materi-materi yang perlu dikuasai peserta didik di kelas XI ini terdiri atas struktur atom dan sistem periodik unsur, ikatan kimia, stoikiometri, hidrokarbon, termokimia, kinetika kimia, dan kesetimbangan kimia. Dalam proses pembelajaran untuk memahami sains ini perlu dilaksanakan berbagai aktivitas sesuai dengan pengembangan keterampilan proses sainsnya.

## D. Capaian Pembelajaran

Pada akhir Fase F, peserta didik mampu mengamati, menyelidiki, dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju, dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam-basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian, termasuk termokimia; dan memahami hidrokarbon, termasuk penerapannya dalam keseharian. Hal ini sesuai dengan Surat Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 033/H/KR/2022.

Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek kimia sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang kimia. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan Profil Pelajar Pancasila, khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif, dan bergotong royong.

**Tabel 2.** Capaian Pembelajaran Kelas XI Mata Pelajaran Kimia

### Capaian Pembelajaran

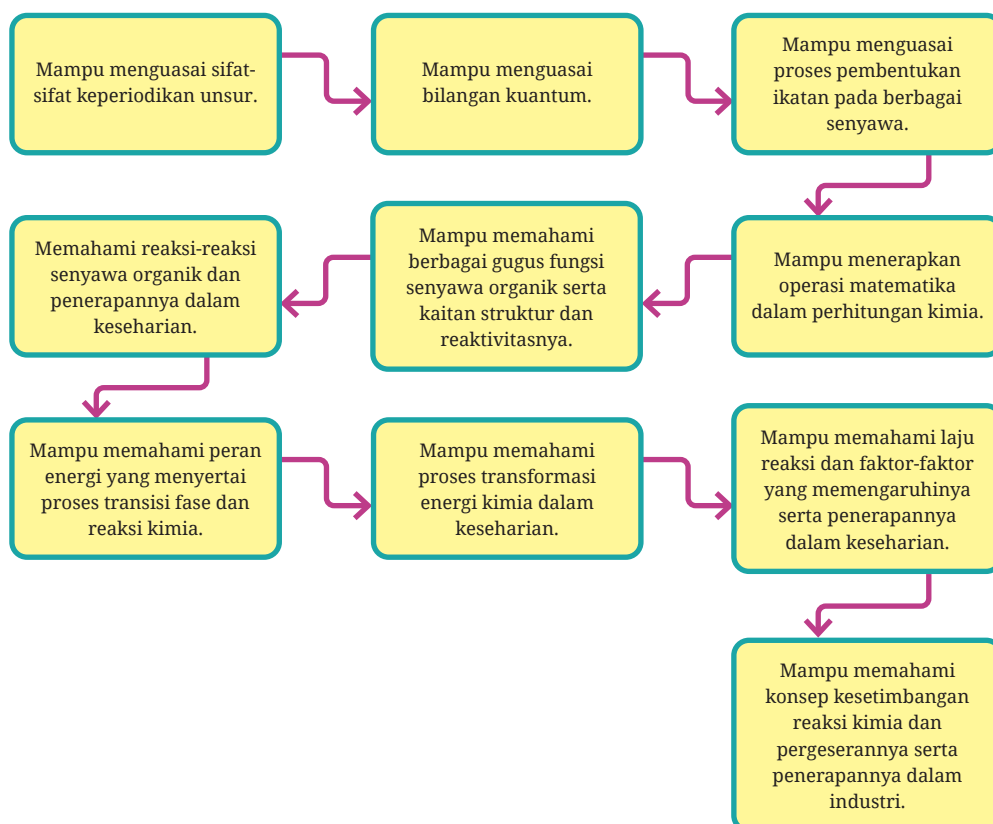
Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki, dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa, termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju, dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam-basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian, termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik, termasuk penerapannya dalam keseharian.



Uraian	Profil Pelajar Pancasila	Tujuan Pembelajaran	Materi
Mampu memahami sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa, termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu menguasai sifat-sifat keperiodikan unsur.	Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur
		Mampu menguasai bilangan kuantum.	
	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu menguasai proses pembentukan ikatan pada berbagai senyawa.	Ikatan Kimia
Mampu mengamati, menyelidiki, dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia.	Stoikiometri
Mampu memahami kimia organik dan penerapannya dalam keseharian.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu memahami berbagai gugus fungsi senyawa organik serta kaitan struktur dan reaktivitasnya.	Hidrokarbon
		Memahami reaksi-reaksi senyawa organik dan penerapannya dalam keseharian.	
Mampu memahami aspek energi dalam reaksi kimia.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu memahami peran energi yang menyertai proses transisi fase dan reaksi kimia.	Termokimia
		Mampu memahami proses transformasi energi kimia dalam keseharian.	

Uraian	Profil Pelajar Pancasila	Tujuan Pembelajaran	Materi
Mampu memahami aspek laju reaksi kimia.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu memahami laju reaksi dan faktor-faktor yang memengaruhinya serta penerapannya dalam keseharian.	Kinetika Kimia
Mampu memahami aspek kesetimbangan reaksi kimia.	Bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong	Mampu memahami konsep kesetimbangan reaksi kimia dan pergeserannya serta penerapannya dalam industri.	Kesetimbangan Kimia

Berdasarkan tujuan pembelajaran pada Tabel 2 di atas maka Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)

Untuk mencapai Capaian Pembelajaran Fase F, proses pembelajaran dimulai dari kelas XI sampai kelas XII. Oleh karena itu, pemahaman sains di kelas XI ini merupakan dasar untuk materi selanjutnya pada kelas XII.

## E. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa

Buku Siswa dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memberikan pengalaman belajar bermakna pada peserta didik. Selain memuat konsep-konsep kimia dan aplikasinya dalam produk teknologi modern, Buku Siswa juga menyajikan berbagai aktivitas yang diharapkan dapat mendukung peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran di akhir fase F.

### 1. Sampul Bab

Bagian ini berisi gambar yang mewakili bab tersebut disertai dengan tujuan mempelajari bab tersebut.

### 2. Mind Map

Setelah halaman sampul terdapat peta pikiran atau *mind map*. Dengan mencermati peta pikiran, peserta didik dapat mengetahui konsep kunci yang akan dibahas pada bab tersebut.

### 3. Komik Kimia

Di bawah peta pikiran ada komik kimia. Komik ini berisi fenomena yang berkaitan dengan bab yang akan dipelajari. Komik ini ditulis untuk mengantarkan peserta didik mempelajari isi bab tersebut.

### 4. Aktivitas

Selain materi, dalam buku ini terdapat beragam aktivitas mulai dari menyelesaikan permasalahan secara berkelompok ataupun melakukan percobaan sesuai topik yang dibahas.

## 5. Ayo Berlatih

Di akhir subbab terdapat Ayo Berlatih. Bagian ini berisi soal-soal latihan yang sesuai dengan subbab yang dipelajari, untuk melatih kemampuan peserta didik dalam memahami konsep yang sudah dipelajari.

## 6. Pengayaan

Pada akhir bab akan disajikan informasi tambahan terkait materi yang sudah dipelajari. Sesuai namanya, bagian ini diharapkan dapat memperkaya wawasan peserta didik terkait materi yang dipelajari pada bab tersebut.

## 7. Inti Sari

Pada akhir bab disajikan ringkasan tentang konsep kunci materi pada masing-masing bab yang ditampilkan. Inti sari ini disajikan dalam bentuk narasi.

## 8. Ayo Refleksi

Selain Inti Sari di akhir bab juga terdapat Ayo Refleksi. Pada bagian ini peserta didik diajak untuk berpikir secara mendalam terkait materi yang sudah dipelajari dan mengidentifikasi kekurangannya, manfaat, dan sikap peserta didik setelah mempelajari materi tersebut. Peserta didik juga diajak untuk menyampaikan hal-hal yang masih sulit untuk dipelajari pada bab tersebut.

## 9. Ayo Cek Pemahaman

Di setiap bab akan ditutup dengan Ayo Cek Pemahaman. Pada bagian ini disajikan berbagai pertanyaan tentang materi pada bab tersebut. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dimunculkan dalam berbagai bentuk, tidak hanya untuk mengakses pengetahuan, tetapi juga kemampuan literasi sains dan numerasi.

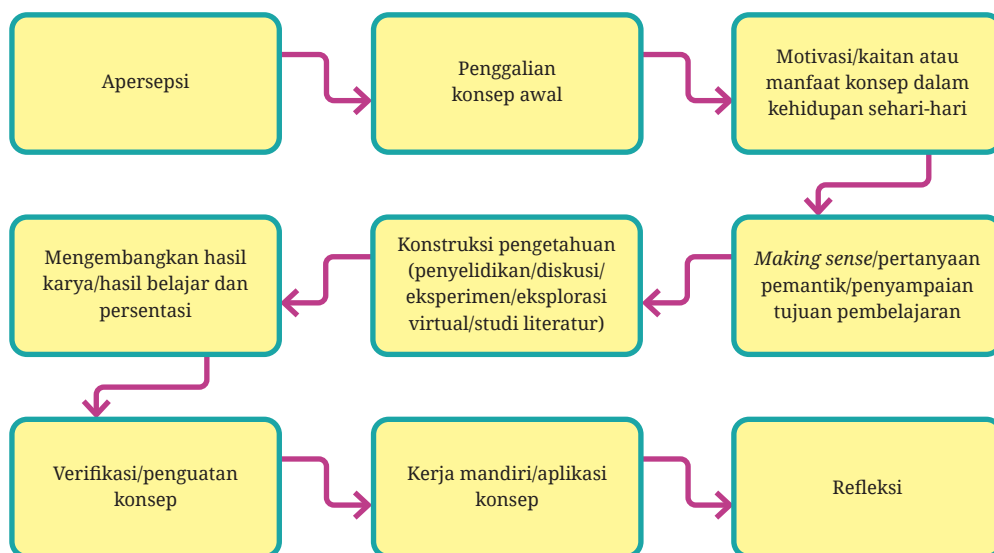
## F. Strategi Umum Pembelajaran

Pembelajaran Kimia Fase F di kelas XI dirancang untuk membangun kapasitas peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat, mendukung perkembangan kompetensinya, dan memberi penguatan pada aspek kimia sesuai minatnya ke perguruan tinggi yang berkaitan dengan bidang kimia.

Untuk memotivasi peserta didik dalam belajar kimia, sebelum pengenalan konsep, diberikan contoh-contoh aplikasi konsep kimia dalam produk teknologi yang sesuai dengan lingkungan sekitar dan dikenal oleh peserta didik. Dalam Buku Siswa, beberapa aplikasi konsep dalam produk teknologi telah disajikan, namun tidak menutup kemungkinan guru menambahkan produk lain yang lebih sesuai dengan kondisi lingkungan masing-masing. Pertanyaan-pertanyaan pemantik juga perlu diberikan untuk memotivasi peserta didik berpikir tingkat tinggi, termasuk pertanyaan prediksi sebelum aktivitas penyelidikan.

Pembelajaran kimia pada fase F juga dirancang untuk melatih keterampilan proses dan kerja ilmiah yang sangat penting dalam memperkuat Profil Pelajar Pancasila terutama karakter mandiri, inovatif, kreatif, bernalar kritis, dan bergotong royong. Untuk itu, beragam aktivitas disajikan dalam setiap topik pembahasan, baik berupa penyelidikan virtual maupun eksperimen. Dengan demikian, strategi pembelajaran yang disarankan dalam pembelajaran kimia fase F, yaitu strategi yang berfokus pada keaktifan dan kemandirian peserta didik dalam belajar. Berbagai pendekatan pembelajaran sangat disarankan dalam implementasinya.

Adapun secara umum tahapan pembelajaran untuk setiap subbab yang direkomendasikan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema tahapan pembelajaran

Sebelum dilaksanakan pembelajaran pada bab baru, guru sebaiknya melakukan asesmen awal yang berguna untuk memetakan kemampuan, minat, dan gaya belajar peserta didik sehingga memungkinkan proses pembelajaran yang berdiferensiasi.

## 1. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali

<b>Bentuk interaksi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laporan tertulis</li> <li>• Laporan lisan</li> </ul>
<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas pada Buku Siswa</li> <li>• Ayo Cek Pemahaman pada Buku Siswa</li> </ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> </ul>

## 2. Refleksi Guru

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran setiap bab pada Buku Siswa, guru melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang sudah dicapai, maupun bagian yang belum diselesaikan serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

## 3. Harapan Kurikulum

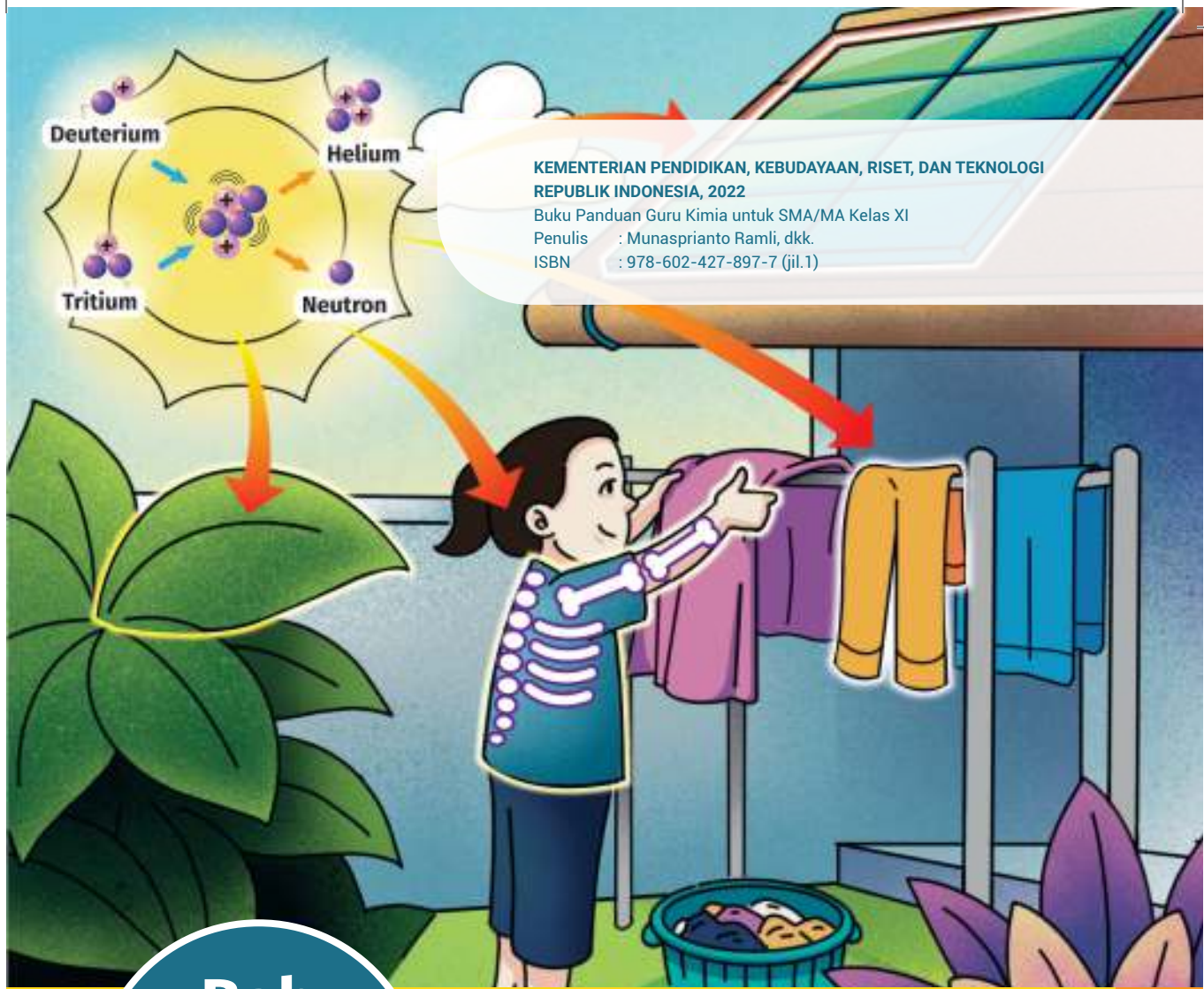
- a. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa, termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian.
- b. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian dan menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia.
- c. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami kimia organik dan penerapannya dalam keseharian.
- d. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami aspek energi dalam reaksi kimia.
- e. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami aspek laju reaksi kimia.
- f. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami aspek kesetimbangan reaksi kimia.
- g. Menanamkan karakter Profil Pelajar Pancasila melalui penanaman rasa cinta tanah air atas kekayaan alam di Indonesia (berkebinekaan global), bernalar kritis, kerja sama dalam percobaan maupun tugas kelompok (gotong royong), dan mandiri dalam menyelesaikan masalah, serta kreatif.

## G. Panduan Khusus

Panduan khusus yang akan dijabarkan setelah ini berisi penjelasan khusus mengenai berbagai fitur yang terdapat pada Buku Siswa. Secara rinci, panduan khusus berisi gambaran umum tentang bab pada Buku Siswa, skema mata pelajaran, dan panduan pembelajaran. Dengan demikian, panduan khusus ini akan memberikan gambaran kepada guru tentang cara menggunakan Buku Siswa pada masing-masing bab selama proses pembelajaran di kelas.

Terdapat tujuh bab pada pembelajaran kimia untuk peserta didik kelas XI yang dibagi dalam dua semester. Pada semester pertama, peserta didik akan mempelajari tiga bab, terdiri atas Bab 1 Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur, Bab 2 Ikatan Kimia, dan Bab 3 Stoikiometri. Pada semester kedua, peserta didik akan mempelajari Bab 4 Hidrokarbon, Bab 5 Termokimia, Bab 6 Kinetika Kimia, dan Bab 7 Keseimbangan Kimia.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)

# Bab I

## Panduan Khusus: **Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur**

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menggambarkan struktur atom berdasarkan hasil analisis perkembangan model atom, menentukan bilangan kuantum elektron dalam suatu atom, menyusun konfigurasi elektron dan menentukan kedudukannya dalam sistem periodik unsur, serta menganalisis keperiodikan sifat unsur dan hubungannya dengan kereaktifan unsur.

## A. Pendahuluan

Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur merupakan bab pertama dari buku Kimia kelas XI. Bab ini mempelajari tentang (1) perkembangan model atom, (2) bilangan kuantum, (3) konfigurasi elektron, (4) sistem periodik unsur, (5) keperiodikan sifat unsur dan hubungannya dengan kereaktifan. Salah satu materi yang dibahas pada bab ini adalah hubungan sifat periodik unsur dengan kereaktifannya. Bahwa sifat periodik unsur bukan hanya sekadar teori yang perlu dihafal, tetapi sifat tersebut sangat memengaruhi kereaktifan unsurnya sehingga memiliki aplikasi yang beragam dalam kehidupan sehari-hari.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menggambar struktur atom berdasarkan hasil analisis perkembangan model atom.
2. Menentukan bilangan kuantum elektron dalam suatu atom.
3. Menyusun konfigurasi elektron dan menentukan kedudukan unsur-nya dalam sistem periodik unsur.
4. Menganalisis keperiodikan sifat unsur dan hubungannya dengan kereaktifan unsur.

Pada materi IPA kelas X telah disampaikan secara singkat berkaitan dengan nomor massa dan nomor atom. Pemahaman terhadap karakteristik atom ini sangat diperlukan untuk menentukan sifat dan susunan unsur dalam sistem periodik unsur.

## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Struktur Atom			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca bacaan terkait dengan kandungan unsur yang terdapat dalam matahari.		Buku Siswa: bacaan di halaman awal setelah sampul bab	

Memprediksi jawaban atas pertanyaan yang tertulis di halaman tersebut.			
Mendiskusikan teori yang berkaitan dengan penemuan proton, elektron, dan neutron.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proton</li> <li>• Elektron</li> <li>• Neutron</li> </ul>	Buku Siswa: Subbab A	
Mendiskusikan bagian dari notasi atom, isotop, isobar, dan isoton.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notasi atom</li> <li>• Isotop</li> <li>• Isobar</li> <li>• Isoton</li> </ul>	Buku Siswa: Subbab A	
Menganalisis tingkat energi berdasarkan model atom Bohr.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat energi</li> <li>• Model atom Bohr</li> </ul>	Buku Siswa: Subbab A	

### Subbab: B. Teori Atom Mekanika Kuantum

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca kriteria model atom mekanika kuantum.	Mekanika kuantum	Buku Siswa: Subbab B	
Menganalisis bagian dari bilangan kuantum.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilangan kuantum utama</li> <li>• Bilangan kuantum azimut</li> <li>• Bilangan kuantum magnetik</li> <li>• Bilangan kuantum spin</li> </ul>	Buku Siswa: Subbab B	
Mendiskusikan prinsip penentuan konfigurasi elektron.	Konfigurasi elektron	Buku Siswa: Subbab B	
Mengerjakan soal yang berkaitan dengan bilangan kuantum dan konfigurasi elektron.	Bilangan kuantum	Buku Siswa: Ayo Berlatih	

### Subbab: C. Sistem Periodik Unsur

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca perkembangan sistem periodik unsur.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistem periodik unsur bentuk pendek</li><li>• Sistem periodik unsur bentuk panjang</li></ul>	Buku Siswa: Subbab C	
Mendiskusikan hubungan antara konfigurasi elektron dan sistem periodik unsur.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Konfigurasi elektron</li><li>• Periode</li><li>• Golongan</li></ul>	Buku Siswa: Subbab C	
Menentukan posisi unsur pada sistem periodik unsur berdasarkan konfigurasi elektronnya.		Buku Siswa: Ayo Berlatih	

### Subbab: D. Sifat periodik unsur

#### Alokasi Waktu:

2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mendiskusikan salah satu sifat periodik unsur, yaitu jari-jari atom.	Jari-jari atom	Buku Siswa: Subbab D	
Menganalisis salah satu sifat periodik unsur, yaitu energi ionisasi.	Energi ionisasi	Buku Siswa: Subbab D	
Mendiskusikan kaitan energi ionisasi dengan kereaktifan unsur.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energi ionisasi</li><li>• Kereaktifan</li><li>• Uji nyala logam</li></ul>	Buku Siswa: Aktivitas 1.1	
Mendiskusikan salah satu sifat periodik unsur, yaitu afinitas elektron.	Afinitas elektron	Buku Siswa: Subbab D	

Mendiskusikan salah satu sifat periodik unsur, yaitu keelektronegatifan.	Keelektro-negatifan	Buku Siswa: Subbab D	
Menganalisis kaitan afinitas elektron dan keelektronegatifan dengan kereaktifan unsur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afinitas elektron</li> <li>• Keelektro-negatifan</li> <li>• Kereaktifan</li> <li>• Reaksi unsur halogen</li> </ul>	Buku Siswa: Aktivitas 1.2	

## C. Panduan Pembelajaran

### Subbab: A. Struktur Atom

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

#### Pertemuan Pertama: Struktur Atom

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menggambarkan struktur atom berdasarkan hasil analisis perkembangan model atom.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik perlu diberi penguatan kembali bahwa atom merupakan bagian terkecil penyusun unsur.
- b. Peserta didik perlu memiliki landasan berpikir bahwa banyak eksperimen telah dilakukan untuk menentukan model-model atom, proton, elektron, dan neutron.
- c. Peserta didik cenderung miskonsepsi ketika menentukan jumlah proton sama dengan jumlah elektron tanpa memerhatikan muatannya.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati Gambar 1.1 pada halaman awal bab.
2. Peserta didik diberi pertanyaan, sebagai contoh:  
Apa yang timbul dalam benak kalian setelah mencermati manfaat dan bahaya sinar matahari?
3. Peserta didik diberi penjelasan bahwa struktur atom dan sistem periodik unsur merupakan materi pelajaran yang sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca deskripsi gambar yang tertera di halaman awal bab.
2. Bacalah hingga tuntas, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
3. Peserta didik diajak untuk mengembangkan rasa ingin tahu dengan cara:
  - a. Menjawab pertanyaan yang ada pada paragraf yang dibaca.
  - b. Memunculkan pertanyaan baru.
  - c. Menyampaikan informasi yang pernah didengar atau mengalami langsung kejadian seperti pada paragraf yang dibaca.
4. Peserta didik diarahkan untuk mencermati gambar-gambar yang berkaitan dengan penemuan proton, elektron, dan neutron pada Subbab A.
5. Peserta didik diarahkan untuk menyimak penjelasan yang berkaitan dengan perkembangan model-model atom.
6. Peserta didik diajak berdiskusi tentang kelemahan setiap model atom.
7. Peserta didik diajak untuk menggambarkan kembali model atom yang telah dipahami.

### **c. Aplikasi Konsep**

1. Peserta didik diajak untuk menemukan tahapan reaksi fusi (penggabungan) yang terjadi di matahari melalui *smartphone* masing-masing (awasi penggunaannya oleh guru).
2. Peserta didik diminta untuk menganalisis dan satu orang diminta untuk menuliskannya di papan tulis serta mempresentasikannya.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang subbab struktur atom. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
2. Peserta didik ditekankan bahwa struktur atom sangat memengaruhi sifat unsur yang lebih lanjut akan memengaruhi pengaplikasiannya.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman terhadap struktur atom merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab selanjutnya.

### **f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab A**

1. Rutherford membuktikan adanya neutron pada atom dengan melakukan percobaan menggunakan partikel alfa yang ditembakkan ke logam boron. Logam boron menghasilkan radiasi, tetapi tidak dibelokkan oleh medan magnet maupun medan listrik. Artinya, radiasi tersebut merupakan materi penyusun atom yang tidak bermuatan positif maupun negatif. Rutherford menyatakan bahwa materi tersebut adalah neutron.

2. Model atom Bohr menjelaskan posisi elektron dalam suatu lintasan. Lintasan ini juga menyatakan jumlah kulit atau tingkat energi.

## Subbab: B. Teori Atom Mekanika Kuantum

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Kedua:

## Teori Atom Mekanika Kuantum

### 1. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta didik diharapkan mampu menentukan bilangan kuantum elektron dalam suatu atom.
- b. Peserta didik diharapkan mampu menyusun konfigurasi elektron.

### 1. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik telah memahami partikel penyusun atom (proton, elektron, dan neutron).
- b. Peserta didik telah memahami model-model atom sebelum model atom mekanika kuantum.
- c. Peserta didik cenderung miskonsepsi dalam menentukan konfigurasi unsur logam transisi.

### 1. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Peserta didik diajak untuk mengenal ilmuwan-ilmuwan yang memberikan dasar penemuan teori atom mekanika kuantum.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati kriteria model atom mekanika kuantum.



2. Peserta didik diarahkan untuk mendiskusikan jenis-jenis bilangan kuantum.
3. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis aturan-aturan yang menjadi dasar penentuan konfigurasi elektron.
4. Peserta didik diajak untuk memahami penentuan bilangan kuantum melalui contoh soal dan Ayo Berlatih.
5. Peserta didik dapat diberikan kuis berkaitan dengan penentuan konfigurasi elektron dan bilangan kuantum dengan aplikasi tertentu yang nilainya dapat dilihat langsung, seperti Quizizz.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik diajak untuk menemukan contoh unsur yang ada di sekitar mereka, antara lain unsur logam emas (Au) pada perhiasan. Kemudian peserta didik diminta untuk menentukan bilangan kuantum dan konfigurasi elektronnya.

### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang subbab teori atom mekanika kuantum.
2. Peserta didik ditekankan tentang manfaat belajar subbab ini.

### e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C

1. Konfigurasi elektron unsur  $_{17}\text{Cl}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$   
Elektron terakhir unsur Cl berada pada  $3p^5$ .  
 $n = 3$  (pada kulit  $M$ )  
 $l = 1$  (pada subkulit  $p$ )  
 $m = 0$  (pada orientasi  $p_y$ )  
 $s = -\frac{1}{2}$  (arah spin ke bawah/berlawanan arah jarum jam)
2. Konfigurasi elektron unsur  $_{12}\text{Mg}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$   
Elektron terakhir unsur Mg berada pada  $3s^2$ .  
 $n = 3$  (pada kulit  $M$ )  
 $l = 0$  (pada subkulit  $s$ )

$m = 0$  (orbital s hanya memiliki satu orientasi)

$s = -\frac{1}{2}$  (arah spin ke bawah/berlawanan arah jarum jam)

## Subbab: C. Sistem Periodik Unsur

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Ketiga:

## Sistem Periodik Unsur

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menentukan kedudukan unsur dalam sistem periodik unsur.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami cara menentukan bilangan kuantum.
- Peserta didik telah memahami aturan-aturan dalam penulisan konfigurasi elektron.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa unsur hidrogen termasuk golongan alkali.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- Peserta didik diminta untuk membacakan unsur-unsur dalam satu golongan. Contoh pada golongan pertama: litium, natrium, kalium, rubidium, cesium, dan Fransium.
- Peserta didik diberi pertanyaan, sebagai contoh:  
Mengapa unsur-unsur tersebut berada pada satu golongan?

### b. Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik diajak untuk membaca sejarah perkembangan sistem periodik unsur.
2. Peserta didik diarahkan untuk mendiskusikan dasar penyusunan sistem periodik unsur bentuk panjang (modern) yang digunakan saat ini.
3. Peserta didik diarahkan untuk memahami penentuan konfigurasi elektron dan kaitannya dengan posisi unsur dalam sistem periodik unsur dengan mencermati contoh soal pada subbab C.
4. Peserta didik diajak untuk menentukan posisi unsur dalam sistem periodik unsur pada Subbab C Ayo Berlatih.
5. Peserta didik juga dapat diberikan permainan, seperti kartu unsur, lalu mereka diminta menyimpannya pada rangka sistem periodik kosong yang telah disediakan guru di depan kelas.

### c. Refleksi Pembelajaran

Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang subbab sistem periodik unsur.

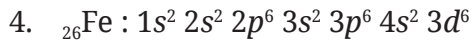
### d. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C

1.  ${}_{20}\text{Ca} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$   
 ${}_{20}\text{Ca} : [\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2$   
Berakhir pada orbital  $ns$ , berarti golongan A.  
 $4s^2 (2) =$  golongan IIA  
 $n = 4$  (periode 4)
2.  ${}_{35}\text{Br} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$   
 ${}_{35}\text{Br} : [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$   
Berakhir pada orbital  $ns np$ , berarti golongan A.  
 $4s^2 4p^5 (7) =$  golongan VIIA  
 $n = 4$  (periode 4)
3.  ${}_{22}\text{Ti} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$   
 ${}_{22}\text{Ti} : [\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$

Berakhir pada orbital  $ns(n-1)d$ , berarti golongan B.

$4s^2 3d^2$  (4) = golongan IVB

$n = 4$  (periode 4)



${}_{26}\text{Fe} : [\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Berakhir pada orbital  $ns(n-1)d$ , berarti golongan B.

$4s^2 3d^6$  (8) = golongan VIII B

$n = 4$  (periode 4)

### Subbab: D. Sifat Periodik Unsur

#### Alokasi Waktu:

2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

#### Pertemuan Keempat: Sifat Periodik Unsur (2 jam pelajaran)

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik mampu menganalisis keperiodikan sifat unsur dan hubungannya dengan kereaktifan unsur.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami sistem periodik unsur bentuk panjang (modern).
- Peserta didik telah memahami prinsip susunan unsur-unsur dalam sistem periodik unsur berdasarkan kemiripan sifatnya.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa jari-jari atom semakin kecil dari kiri ke kanan (dalam satu periode) karena penambahan jumlah elektronnya.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati Gambar 1.13 tentang reaksi logam ketika dimasukkan ke dalam air.
2. Peserta didik diberi pertanyaan, sebagai contoh:
  - a. Mengapa ada unsur yang meledak ketika dimasukkan ke dalam air?
  - b. Mengapa unsur kalium memiliki ledakan yang paling besar?
3. Peserta didik diarahkan agar berhati-hati dan tidak boleh memegang langsung unsur-unsur logam alkali karena tangan manusia juga mengandung air.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati Gambar 1.14 tentang perbedaan jari-jari atom unsur Li, Na, dan K.
2. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengapa semakin besar jari-jari atom, reaksi unsur logam dengan air semakin kuat.
3. Peserta didik diarahkan untuk menarik kesimpulan kaitan sifat jari-jari atom dengan kereaktifan unsurnya.
4. Peserta didik diarahkan untuk mencermati gambar kembang api seperti pada Gambar 1.15.
5. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis mengapa kembang api dapat menghasilkan warna yang bermacam-macam.
6. Peserta didik diarahkan untuk memahami kecenderungan energi ionisasi pada sistem periodik unsur dan kaitannya dengan kereaktifan unsur.
7. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan uji nyala pada Aktivitas 1.1.

#### c. *Aplikasi Konsep*

Peserta didik diajak untuk menemukan apa saja unsur penyusun kembang api dan warna nyala apa saja yang dihasilkan dari unsur tersebut.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang sifat jari-jari atom dan energi ionisasi serta kaitannya dengan kereaktifan unsur.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada materi ini.
3. Peserta didik ditekankan tentang manfaat belajar materi ini.

**Pertemuan Kelima: Sifat Periodik Unsur**  
(2 jam pelajaran)

### **1. Tujuan Pembelajaran**

Peserta didik mampu menganalisis keperiodikan sifat unsur dan hubungannya dengan kereaktifan unsur.

### **2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

- a. Peserta didik telah memahami sifat jari-jari atom dalam sistem periodik.
- b. Peserta didik telah memahami bahwa sifat jari-jari atom dan energi ionisasi memengaruhi kereaktifan unturnya.
- c. Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa unsur-unsur halogen selain fluorin (Cl, Br, dan I) memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi dibandingkan unsur oksigen.

### **3. Tahapan Pembelajaran**

#### **a. Apersepsi**

1. Peserta didik diarahkan untuk mengingat kembali kecenderungan energi ionisasi unsur logam dan nonlogam.
2. Peserta didik diajak untuk menganalisis kaitan energi ionisasi dengan jari-jari atom.

3. Peserta didik diajak untuk mengingat apa saja yang dapat dilakukan sebagai disinfektan dalam mencegah penularan virus Covid-19.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk memahami kecenderungan afinitas elektron dan kaitannya dengan kereaktifan unsurnya dengan menyimak penjelasan berkaitan dengan kemampuan klorin sebagai pembersih.
2. Peserta didik diarahkan untuk memahami kecenderungan sifat keelektronegatifan pada sistem periodik unsur dan kaitannya dengan kereaktifan unsurnya.
3. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan tentang reaksi unsur golongan halogen pada Aktivitas 1.2.

#### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk menemukan contoh-contoh produk pembersih, seperti sabun, sampo, deterjen, dan pemutih. Kemudian memintanya menemukan dan menganalisis komposisinya serta zat apa yang berperan sebagai agen pembersih. Peserta didik diminta menuliskannya di buku latihan dan mempresentasikannya di depan kelas.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang sifat afinitas elektron dan keelektronegatifan serta kaitannya dengan kereaktifan unsur.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada bab struktur atom dan sistem periodik unsur.
3. Peserta didik ditekankan tentang manfaat belajar bab struktur atom dan sistem periodik unsur.

**e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab D**

1. Unsur-unsur logam golongan IA lebih mudah membentuk kation karena memiliki jari-jari atom yang besar sehingga tarikan elektron terluar dengan inti menjadi lemah. Lemahnya gaya tarik ini menyebabkan elektron mudah lepas membentuk kation.
2. Kecenderungan kereaktifan unsur-unsur halogen dalam satu golongan (dari atas ke bawah) adalah semakin ke bawah kereaktifannya semakin berkurang karena afinitas afinitas dan keelektronegatifannya semakin rendah sehingga semakin sulit menangkap elektron.

**f. Pengayaan**

1. Peserta didik diajak untuk membaca dan mencermati artikel yang dituliskan pada bagian pengayaan.
2. Peserta didik diajak untuk memahami bagaimana matahari masih dapat bersinar hingga sekarang serta mengenal aplikasi energi matahari sebagai sumber energi alternatif yang jumlahnya melimpah.
3. Peserta didik diajak untuk meningkatkan kecintaan terhadap kekayaan alam laut Indonesia yang memiliki banyak cadangan gas hidrogen.
4. Peserta didik diarahkan untuk melakukan percobaan di rumah untuk menghasilkan gas hidrogen dari berbagai limbah kemasan yang mengandung aluminium, seperti limbah kemasan makanan siap saji. Peserta didik juga diingatkan agar berhati-hati dalam melakukan percobaan tersebut.



**g. Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman**

**Pilihan ganda**

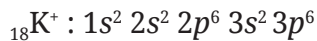
1. Diketahui data pada tabel berikut.

Atom	Nomor massa	Nomor atom
W	31	15
X	30	15
Y	29	14
Z	27	13

Pasangan yang merupakan isoton adalah X dan Y. (Jawab: b)

2. K membentuk kation  $K^+$

Jumlah elektron pada  $K^+ = 18$



$n = 3$  (pada kulit M)

$l = 1$  (pada subkulit  $p$ )

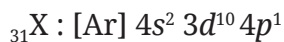
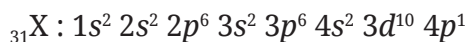
$m = +1$  (orientasi orbital  $p_z$ )

$s = -\frac{1}{2}$  (arah spin ke bawah/berlawanan arah jarum jam)

(Jawab: c)

3. Pernyataan yang *tidak tepat* dari sifat periodik unsur adalah unsur golongan IA memiliki energi ionisasi yang lebih besar dibandingkan golongan IIA. Pernyataan ini salah karena unsur golongan IIA memiliki jari-jari atom yang lebih kecil dibanding unsur golongan IA sehingga gaya tarik-menarik antara inti atom dengan elektron terluarnya semakin kuat. Akibatnya, elektron terluar unsur golongan IIA lebih sulit dilepaskan (energi ionisasinya lebih besar) dibanding unsur golongan IA. (Jawab: c)

4. Diketahui konfigurasi elektron:



Berakhir pada orbital  $ns np$  berarti golongan A.

$4s^2 4p^1 (3) =$  golongan IIIA

$n = 4$  (periode 4) (Jawab: d)

5. Unsur Na berada pada golongan IA dan unsur Mg berada pada golongan IIA maka keelektronegatifan Na lebih kecil daripada Mg. (Jawab: c)

### ***Uraian***

1. Percobaan Rutherford terkait posisi proton dan elektron:  
Rutherford menembakkan partikel alfa ke lempeng emas tipis. Dari percobaan tersebut ditemukan sebagian besar sinar diteruskan (sinar lurus). Ini menunjukkan bahwa bagian dalam atom sebagian besar berupa ruang hampa. Adanya sebagian kecil sinar yang dibelokkan dan dipantulkan dapat menggambarkan bahwa di dalam atom terdapat inti bermuatan positif yang sangat kecil yang disebut proton dan dikelilingi elektron bermuatan negatif.
2. Klorin dapat digunakan sebagai disinfektan karena klorin memiliki afinitas yang besar sehingga klorin dapat dengan mudah berikatan dengan mikroorganisme sehingga mikroorganisme tersebut rusak dan hancur.
3. Unsur logam berilium tidak beraksi ketika dimasukkan ke dalam air. Sementara unsur magnesium bereaksi lambat dalam air dingin, tetapi bereaksi lebih baik dalam air panas. Lebih lanjut, logam kalsium dapat menghasilkan reaksi yang kuat ketika dimasukkan ke dalam air dingin. Hal ini dapat terjadi karena unsur berilium memiliki jari-jari atom yang paling kecil dibandingkan magnesium dan kalsium sehingga kereaktifannya juga semakin kecil. Ketika jari-jari atom kecil maka gaya tarik inti atom dengan elektron terluarnya semakin kuat sehingga semakin sulit untuk melepaskan elektron terluarnya (menjadi kurang reaktif). Sementara kalsium memiliki jari-jari atom paling besar, jarak inti atom dengan elektron terluarnya semakin jauh sehingga gaya tarik-menarik proton dengan elektronnya semakin lemah, akibatnya elektron mudah lepas dan unsurnya lebih reaktif.

#### **h. Alternatif Pembelajaran**

1. Pada Bab Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur, pendidik dapat menggunakan berbagai macam metode pembelajaran, baik diskusi, *inquiry*, *discovery*, dan *problem based learning*.
2. Pada subbab sifat periodik unsur, pendidik dapat melakukan pembelajaran dengan menggunakan praktikum luring (di laboratorium) ataupun daring (menggunakan laboratorium maya).

#### **i. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana**

Pembelajaran pada Bab Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, proyektor, alat-alat praktikum, poster, *flipbook*, dan laboratorium maya.

#### **j. Program Remedial dan Pengayaan**

1. Remedial
  - Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas
  - Tahapan pembelajaran remedial dilaksanakan melalui *remedial teaching* (klasikal), tutor sebaya, atau penugasan dan diakhiri dengan tes.
  - Tes remedial dilakukan paling banyak tiga kali. Apabila setelah tiga kali tes remedial belum mencapai ketuntasan, maka remedial dilakukan dalam bentuk penugasan tanpa tes tertulis kembali.
2. Pengayaan

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

  - Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

#### k. **Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali**

<b>Bentuk interaksi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.</li> <li>• Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)</li> </ul>
<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas 1.1 dan 1.2 pada buku siswa</li> <li>• Ayo cek pemahaman pada buku siswa</li> </ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> </ul>

#### l. **Refleksi**

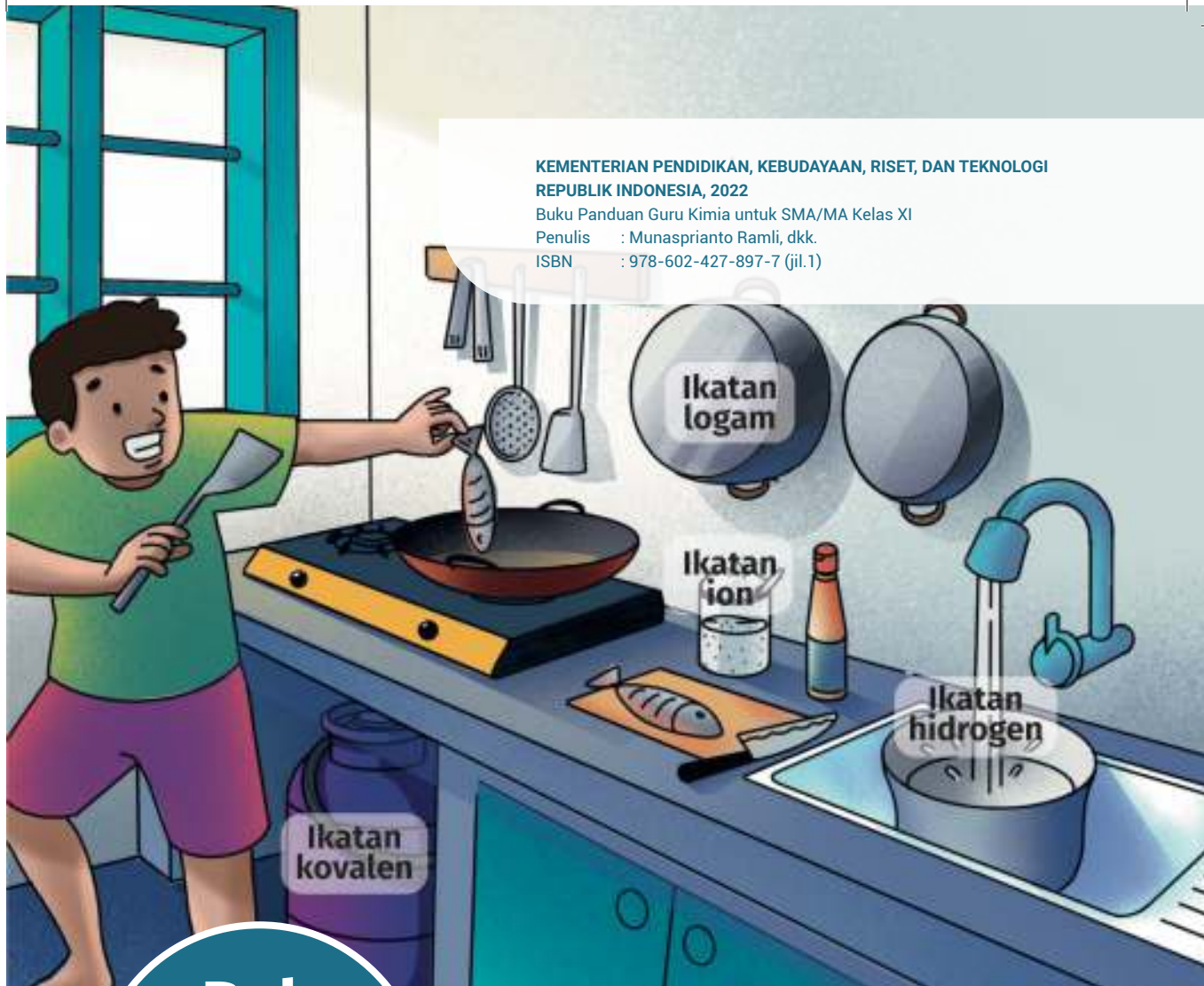
Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur, pendidik melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang telah dicapai maupun yang belum, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada pertemuan selanjutnya.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)



## Bab

# II

Panduan Khusus:

# Ikatan Kimia

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat membedakan proses pembentukan ikatan ion dan kovalen, menjelaskan ikatan logam, menghubungkan jenis ikatan dengan sifat zat, memprediksi bentuk molekul dengan teori VSEPR dan menjelaskan hibridisasinya, memprediksi kepolaran zat, serta menentukan interaksi antarmolekulnya.

## A. Pendahuluan

Ikatan Kimia merupakan bab kedua dari buku Kimia kelas XI. Bab ini mempelajari tentang (1) kestabilan atom yang menyebabkan atom berikatan membentuk senyawa, (2) ikatan antaratom yang terdiri atas ikatan ion, kovalen, dan logam, (3) ikatan antarmolekul yang terdiri atas ikatan hidrogen dan gaya van der Waals, (4) bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR dan hibridisasi, serta (5) sifat senyawa yang terbentuk akibat ikatan yang dimilikinya dan konteksnya dalam kehidupan sehari-hari. Isi bab ini diharapkan mampu memberikan pemahaman kepada peserta didik bahwa senyawa kimia memiliki sifat yang bergantung kepada ikatan dan penyusunnya serta memiliki sifat yang spesifik sehingga memiliki beragam manfaat dalam kehidupan sehari-hari.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Membedakan proses pembentukan ikatan ion dan ikatan kovalen.
2. Menjelaskan ikatan logam.
3. Menghubungkan jenis ikatan dengan sifat zat.
4. Memprediksi bentuk molekul dengan teori VSEPR dan menjelaskan hibridisasinya.
5. Memprediksi kapolaran zat.
6. Menentukan interaksi antarmolekulnya.

Kaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya adalah peserta didik telah mempelajari struktur atom dan sistem periodik unsur. Konfigurasi elektron dan sifat periodik unsur sangat diperlukan dalam menentukan pembentukan ikatan kimia. Pada setiap tahapan pembelajaran, hendaknya guru senantiasa mengingatkan kembali dengan cara mengulang materi pelajaran yang berkaitan dengan ikatan kimia.

## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Dasar Ikatan Kimia			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca bacaan mengenai wujud dan sifat dua zat yang berbeda.		Buku Siswa; bacaan di halaman awal setelah sampul bab	
Memprediksi jawaban atas pertanyaan yang tertera di bacaan halaman awal setelah sampul bab.			
Menganalisis cara sebuah atom mencapai kestabilan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikatan kimia</li> <li>• Kestabilan</li> </ul>	Buku Siswa; Subbab A, contoh soal	
Mengerjakan latihan soal mengenai penentuan kestabilan sebuah atom.		Buku Siswa; Subbab A, Ayo Berlatih	

Subbab: B. Ikatan Ion			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis prinsip pembentukan ikatan ion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kation</li> <li>• Anion</li> <li>• Serah terima elektron</li> <li>• Ikatan ion</li> </ul>	Buku Siswa; Subbab B	
Menentukan cara pembentukan ikatan ion dari unsur-unsurnya.		Buku Siswa; Subbab B, contoh soal	
Menganalisis hubungan ikatan ion dengan sifat zat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sifat zat</li> <li>• Senyawa ion</li> </ul>	Buku Siswa; Subbab B	

**Subbab: C. Ikatan Kovalen****Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis prinsip pembentukan ikatan kovalen.	Pemakaian bersama pasangan elektron	Buku Siswa; Subbab C	
Mendiskusikan perbedaan pembentukan ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kovalen tunggal</li><li>• Kovalen rangkap dua</li><li>• Kovalen rangkap tiga</li></ul>	Buku Siswa; Subbab C	
Mendiskusikan perbedaan prinsip pembentukan ikatan kovalen polar dan nonpolar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kovalen polar</li><li>• Kovalen nonpolar</li></ul>	Buku Siswa; Subbab C	
Menganalisis pembentukan ikatan kovalen koordinasi.	Kovalen koordinasi	Buku Siswa; Subbab C	
Menggambarkan struktur Lewis untuk menunjukkan ikatan kovalen dalam suatu molekul.	Struktur Lewis	Buku Siswa; Subbab C	
Menganalisis hubungan ikatan kovalen dengan sifat zat.		Buku Siswa; Subbab C	



**Subbab: D. Ikatan Logam****Alokasi Waktu:**  
1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca prinsip pembentukan ikatan logam.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inti atom positif</li><li>• Lautan elektron</li></ul>	Buku Siswa; Subbab D	
Menemukan contoh-contoh ikatan logam dalam kehidupan sehari-hari.		Buku Siswa; Subbab D	
Menganalisis hubungan ikatan logam dengan sifat zat.		Buku Siswa; Subbab D	

**Subbab: E. Bentuk Molekul****Alokasi Waktu:**  
2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mencermati gambar struktur geometri molekul dasar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bentuk molekul</li><li>• Pasangan elektron ikatan</li><li>• Pasangan elektron bebas</li><li>• Tolakan pasangan elektron</li><li>• Teori VSEPR</li><li>• Teori hibridisasi</li></ul>	Buku Siswa; Subbab E	
Mendiskusikan prinsip teori VSEPR dalam meramalkan bentuk molekul.		Buku Siswa; Subbab E, contoh soal	
Mendiskusikan cara menentukan hibridisasi molekul yang berikatan dengan teori hibridisasi.		Buku Siswa; Subbab E, contoh soal	
Mengerjakan latihan soal dalam meramalkan bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR dan hibridisasi.		Buku Siswa; Subbab E, Ayo Berlatih	

**Subbab: F. Ikatan Antarmolekul****Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis prinsip pembentukan ikatan antarmolekul.	Ikatan antarmolekul	Buku Siswa; Subbab F	
Mendiskusikan prinsip terjadinya gaya van der Waals.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gaya van der Waals</li><li>• Dipol polar</li><li>• Dipol nonpolar</li><li>• Dipol permanen</li><li>• Dipol sesaat</li><li>• Gaya London</li><li>• Dipol terimbas</li></ul>	Buku Siswa; Subbab F	
Mencermati contoh-contoh penerapan gaya van der Waals.		Buku Siswa; Subbab F	
Mengaitkan peran gaya van der Waals dengan sifat zat.	Sifat zat	Buku Siswa; Subbab F	
Mendiskusikan hubungan ikatan hidrogen dengan titik didih senyawa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ikatan hidrogen</li><li>• Titik didih</li></ul>	Buku Siswa; Subbab F	
Menganalisis proses pembentukan ikatan hidrogen.		Buku Siswa; Subbab F	

## C. Panduan Pembelajaran

**Subbab: A. Dasar Ikatan Kimia**

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

**Pertemuan Pertama: Dasar Ikatan Kimia**

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu memahami prinsip terjadinya kestabilan atom.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami materi konfigurasi elektron dan sifat periodik unsur dengan baik.
- Pada Bab 2 ini peserta didik perlu diberi penguatan berupa penekanan kembali materi terkait konfigurasi elektron dan sifat periodik unsur.
- Adanya kecenderungan miskonsepsi peserta didik bahwa semua unsur gas mulia selalu stabil dan tidak ada yang dapat membentuk senyawa.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diarahkan untuk mencermati gambar dua zat yang sama-sama mengandung unsur natrium (Gambar 2.1) pada halaman awal bab.
- Peserta didik diberi pertanyaan seperti berikut.
  - Apakah yang timbul dalam benak kalian setelah mencermati gambar garam dapur dan logam natrium seperti yang terlihat pada Gambar 2.1?

- b. Mengapa unsur natrium dapat berikatan dengan klorin membentuk NaCl dan dapat juga berikatan dengan sesama natrium membentuk logam natrium?
3. Peserta didik diajak untuk memahami bahwa setiap unsur akan membentuk kestabilan dengan cara membentuk senyawa.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca deskripsi Gambar 2.1 di halaman awal bab hingga tuntas, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
2. Peserta didik diajak untuk mengembangkan rasa ingin tahu.
  - a. Meminta untuk coba menjawab pertanyaan yang ada pada paragraf yang dibaca.
  - b. Memunculkan pertanyaan baru.
  - c. Menyampaikan informasi yang pernah didengar atau mengalami langsung kejadian terkait bentuk fisik senyawa.
4. Peserta didik diajak untuk menyimak prinsip sebuah unsur dalam mencapai kestabilan.
5. Peserta didik diarahkan untuk mempelajari penentuan kestabilan atom melalui contoh soal pada subbab A.
6. Peserta didik diajak untuk mengerjakan soal latihan pada Ayo Berlatih subbab A.
7. Peserta didik diarahkan untuk menemukan kaitan antara kestabilan atom dan pembentukan ikatan kimia.

#### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk menemukan senyawa yang terdiri atas gas mulia, contohnya XeO<sub>2</sub>, dan mendiskusikan bersama teman sebangku mengapa ada gas mulia yang dapat membentuk senyawa.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

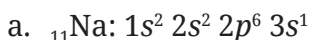
1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Dasar Ikatan Kimia.

2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

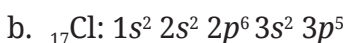
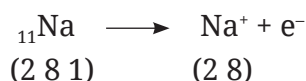
**e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman tentang dasar ikatan kimia merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab selanjutnya.

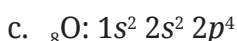
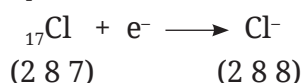
**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab A**



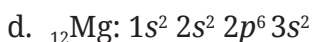
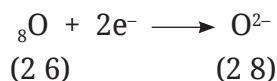
Jadi, natrium akan melepaskan satu elektronnya membentuk kation  $\text{Na}^+$  agar memiliki konfigurasi elektron unsur neon ( $\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$ ).



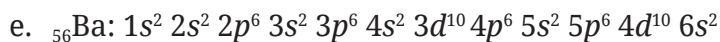
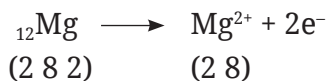
Jadi, klorin akan menangkap satu elektron membentuk anion  $\text{Cl}^-$  agar memiliki konfigurasi elektron argon ( $\text{Ar}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ).



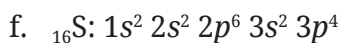
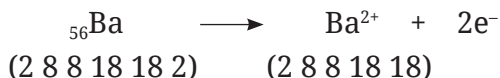
Jadi, oksigen akan menangkap dua elektron membentuk anion  $\text{O}^{2-}$  agar memiliki konfigurasi elektron neon ( $\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$ ).



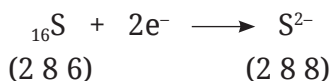
Jadi, magnesium akan melepaskan dua elektronnya membentuk kation  $\text{Mg}^{2+}$  agar memiliki konfigurasi elektron neon ( $\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$ ).



Jadi, barium akan melepaskan dua elektronnya membentuk kation  $\text{Ba}^{2+}$  agar memiliki konfigurasi elektron xenon ( $\text{Xe}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 5p^6 4d^{10}$ ).



Jadi, sulfur akan menangkap dua elektron membentuk anion  $\text{S}^{2-}$  agar memiliki konfigurasi elektron sama dengan argon ( $\text{Ar}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ).



## Subbab: B. Ikatan Ion

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

### Pertemuan Kedua:

### Ikatan Ion

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu memahami prinsip pembentukan ikatan ion.
- Peserta didik diharapkan mampu menghubungkan ikatan ion dengan dengan sifat zat.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik perlu memahami cara penentuan unsur logam dan nonlogam.

- b. Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa dalam padatan NaCl terdapat atom Na dan Cl.
- c. Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa tahap pembentukan ikatan ion hanya proses serah terima elektron.
- d. Peserta didik perlu memahami bahwa senyawa ion banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati proses pembuatan padatan garam (senyawa ion NaCl) dari air laut melalui pengeringan, seperti terlihat pada Gambar 2.3.
2. Peserta didik diberi pertanyaan seperti berikut.
  - a. Apakah yang timbul dalam benak kalian setelah mencermati Gambar 2.3?
  - b. Bagaimanakah proses pembentukan garam sehingga didapat wujud kristal padat?
3. Peserta didik diarahkan untuk mencermati proses pembentukan senyawa ion dengan mengamati tahapannya dan ilustrasi pada Gambar 2.4.
4. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali konsep penentuan unsur logam dan nonlogam.
5. Peserta didik diajak untuk memahami bahwa senyawa ion merupakan materi yang sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diajak untuk menyimak pemaparan proses pembentukan ikatan ion melalui tahapan-tahapan reaksi kimia di dalam subbab B. Peserta didik diarahkan untuk mencermati Gambar 2.5 terkait pecahnya senyawa ion setelah diberikan tekanan.
2. Peserta didik diajak untuk mendiskusikan sifat senyawa ion berdasarkan ikatan ion yang dimilikinya.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk mengamati lingkungan di sekitar mereka. Tanyakan kepada mereka contoh senyawa ion dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh:

1. NaOH (soda api), berbentuk kristal putih yang dapat digunakan sebagai pelarut lemak sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan sumbatan sampah sisa cucian piring dalam saluran pembuangan.
2. CaCO<sub>3</sub>, berbentuk tepung putih yang dapat digunakan sebagai pengembang kue.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Ikatan Ion.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman tentang ikatan ion merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke bab-bab selanjutnya.



## Subbab: C. Ikatan Kovalen

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Ketiga: Ikatan Kovalen

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu memahami prinsip pembentukan ikatan kovalen.
- Peserta didik diharapkan mampu menghubungkan ikatan ion dengan sifat zatnya.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami materi subbab dasar ikatan kimia dan ikatan ion dengan baik.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa HCl adalah senyawa ion karena dapat membentuk  $H^+$  dan  $Cl^-$ .

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diarahkan untuk menemukan contoh senyawa kovalen dalam kehidupan sehari-hari, contohnya air.
- Peserta didik diajak untuk mengingat kembali konsep penentuan unsur nonlogam.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

- Peserta didik diajak untuk membedakan pembentukan ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga melalui contoh pada Gambar 2.7.
- Peserta didik diarahkan untuk menyimak perbedaan pembentukan ikatan kovalen polar dan nonpolar.

3. Peserta didik diarahkan untuk menyimak proses pembentukan ikatan kovalen koordinasi.
4. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan struktur Lewis molekul kovalen.
5. Peserta didik diarahkan untuk menentukan perhitungan kaidah oktet ataupun penyimpangan kaidah oktet.
6. Peserta didik diarahkan untuk dapat memprediksi jenis ikatan yang terbentuk (ion atau kovalen) pada Ayo Berlatih dalam kelompok-kelompok kecil (2–3 orang/kelompok).
7. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis sifat zat berdasarkan ikatan kimia yang dimilikinya melalui percobaan pada Aktivitas 2.1.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk mengamati lingkungan sekitar mereka. Tanyakan kepada mereka contoh senyawa kovalen yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti bensin, solar, dan sirup.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

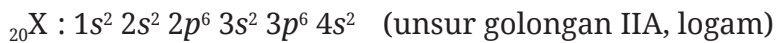
1. Peserta didik diarahkan untuk menemukan perbedaan pembentukan ikatan ion dan kovalen.
2. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Ikatan Kovalen.
3. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
4. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

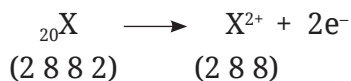
Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman terhadap pembentukan ikatan ion dan kovalen merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab Bentuk Molekul dan Ikatan Antarmolekul.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C**

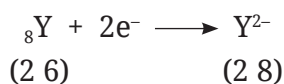
Konfigurasi elektron unsur X, Y, dan Z yaitu:



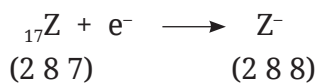
Atom X merupakan unsur logam karena cenderung melepas dua elektron membentuk kation agar stabil.



Atom Y merupakan unsur nonlogam karena cenderung menangkap elektron membentuk anion agar stabil.



Atom Z merupakan unsur nonlogam karena cenderung menangkap elektron membentuk anion agar stabil.



Jadi, ikatan yang terbentuk antara:

1. X dengan Y adalah ikatan ion dengan rumus ikatan ion  $\text{X}_2\text{Y}$ .
2. Y dengan Y adalah ikatan kovalen dengan rumus ikatan kovalen  $\text{Y}_2$ .
3. X dengan Z adalah ikatan ion dengan rumus ikatan ion  $\text{XZ}$ .
4. Z dengan Z adalah ikatan kovalen dengan rumus ikatan kovalen  $\text{Z}_2$ .

## Subbab: D. Ikatan Logam

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Keempat: Ikatan Logam

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan pembentukan ikatan logam.
- Peserta didik diharapkan mampu menghubungkan ikatan logam dengan sifat zat.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami konsep unsur logam.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa unsur logam yang berbeda jenis tidak dapat berikatan kimia.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diajak untuk menemukan contoh logam yang ada di rumah masing-masing.
- Peserta didik diajak untuk mendiskusikan wujud dan bentuk logam yang ditemui.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

- Peserta didik diarahkan untuk mencermati contoh ikatan logam yang dapat dibentuk.
- Peserta didik diajak untuk mendiskusikan mengapa logam dapat dibengkokkan dan bersifat kuat.
- Peserta didik diajak untuk memahami proses terjadinya ikatan pada atom-atom logam melalui gambar inti atom dan lautan elektron pada Gambar 2.14.

4. Peserta didik diajak untuk menemukan contoh ikatan logam antaratom sejenis dan berbeda jenis.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik diajak untuk menemukan contoh-contoh zat yang memiliki ikatan logam menggunakan *smartphone* (awasi penggunaannya oleh guru) atau mengamati di lingkungan sekitar mereka. Mereka diarahkan untuk menentukan unsur logam apa saja yang terdapat pada zat tersebut, apakah hanya logam sejenis atau berbeda jenisnya.

### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Ikatan Logam.
2. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

## Subbab: E. Bentuk Molekul

### Alokasi Waktu:

2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

## Pertemuan Kelima: Bentuk Molekul

### 1. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta didik diharapkan mampu memprediksi bentuk molekul dengan teori VSEPR.
- b. Peserta didik diharapkan mampu memprediksi kapolaran zat berdasarkan bentuk molekulnya.

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami pembentukan ikatan kovalen.
- Peserta didik telah memahami kaidah oktet dan penyimpangan kaidah oktet.
- Peserta didik telah memahami cara menggambarkan struktur Lewis.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa struktur Lewis menggambarkan bentuk molekul.

## 3. Tahapan Pembelajaran

### a. Apersepsi

Peserta didik diajak berdiskusi bahwa bentuk molekul juga berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, contohnya kesesuaian bentuk molekul pada obat dengan reseptor di dalam sel tubuh.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- Peserta didik diajak untuk menyimak konsep bentuk molekul dan mencermati bentuk molekul dasar pada Tabel 2.1.
- Peserta didik diajak untuk mencermati perbedaan bentuk molekul  $\text{CH}_4$  dan  $\text{NH}_3$  pada Gambar 2.17.
- Peserta didik diajak untuk menganalisis teori VSEPR dalam menentukan bentuk molekul dengan melihat perbedaan sudut ikatan yang terbentuk akibat pasangan elektron bebas pada  $\text{NH}_3$ .
- Peserta didik diarahkan untuk memprediksi bentuk molekul melalui teori VSEPR dengan memerhatikan contoh soal.
- Peserta didik diarahkan untuk menemukan contoh-contoh bentuk molekul, selain dari yang tertera pada contoh soal.
- Peserta didik diajak untuk mencermati perbedaan bentuk molekul pada  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{XeF}_2$  (Gambar 2.18) dan menganalisis pengaruh bentuk molekul terhadap kepolaran suatu senyawa.
- Peserta didik diarahkan untuk membuat *molymod* menggunakan bahan yang sederhana, seperti pada Aktivitas 2.2 (dapat juga

menggunakan bahan lain yang tersedia di daerah masing-masing, tetapi dengan fungsi yang sama).

8. Peserta didik diajak untuk memprediksi dan menggambarkan bentuk molekul pada buku latihan untuk soal pada Aktivitas 2.2.
9. Peserta didik juga dapat diajak menggunakan aplikasi dari internet untuk menentukan bentuk molekul, seperti aplikasi PhET Colorado.

### **c. Refleksi Pembelajaran**

Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang subbab Bentuk Molekul.

### **d. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk membaca kasus-kasus penyakit yang disebabkan oleh rusaknya kinerja enzim di dalam tubuh, seperti kasus obesitas. Minta peserta didik untuk menganalisis mengapa enzim sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme dan kaitannya dengan bentuk molekul.

## **Pertemuan Keenam: Teori Hibridisasi**

### **1. Tujuan Pembelajaran**

Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan teori hibridisasi.

### **2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

- a. Peserta didik telah memahami teori VSEPR.
- b. Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa pasangan elektron bebas atom pusat tidak berada di dalam orbital atom pusatnya.
- c. Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa pasangan elektron bebas tidak memengaruhi bentuk molekulnya.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Peserta didik diberi pertanyaan seperti berikut.

1. Mengapa pengecualian kaidah oktet dapat terjadi?
2. Orbital manakah yang dipakai oleh atom pusat gas mulia untuk berhibrida membentuk senyawa, sementara orbital  $s$  dan  $p$ -nya sudah penuh, seperti pada  $\text{XeO}_2$ ?

#### b. Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik diajak untuk mencermati contoh penentuan hibridisasi  $\text{NH}_3$  dan  $\text{XeF}_2$ .
2. Peserta didik diarahkan untuk memahami penentuan hibridisasi dengan mengerjakan soal latihan dalam Ayo Berlatih.

#### c. Refleksi Pembelajaran

Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang teori hibridisasi.

#### d. Aplikasi Konsep

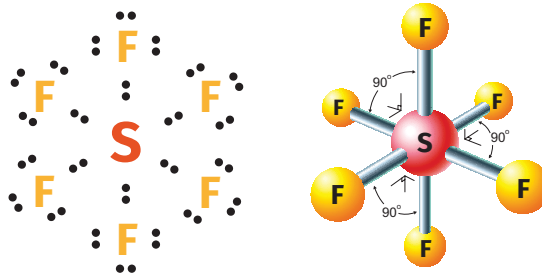
Peserta didik diajak untuk menemukan senyawa-senyawa yang mengalami pengecualian kaidah oktet melalui *smartphone* dan menentukan hibridisasinya, seperti senyawa  $\text{XeOF}_4$ .

#### e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab E

1. Bentuk molekul  $\text{SF}_6$ :  
Elektron valensi atom S = 6 elektron  
Elektron dari 6 atom F = 6 elektron  
Jumlah elektron di sekitar atom pusat = 12 elektron  
Jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat = 6 pasang  
Jumlah pasangan elektron terikat = 6 pasang  
Jumlah pasangan elektron bebas = 0  
Karena ada enam pasang elektron di sekitar atom pusat, maka geometri pasangan elektronnya oktahedral.



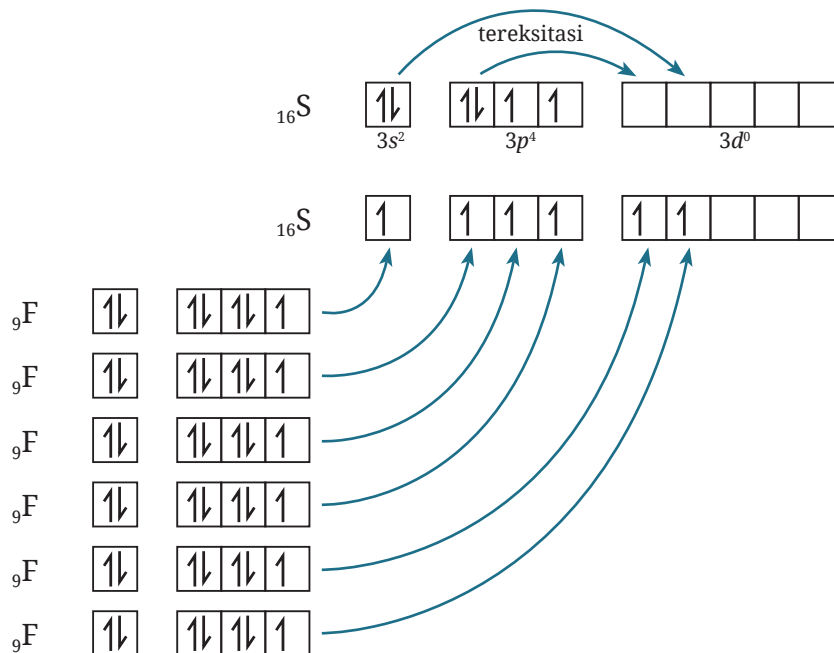
Karena semua pasangan elektron tersebut digunakan untuk berikatan, maka geometri/bentuk molekulnya adalah oktahedral.



Hibridisasi  $SF_6$ :

Elektron valensi atom S: (2 4)

Elektron valensi atom F: (2 5)



Atom sulfur memiliki empat orbital yang berisi enam elektron valensi. Saat enam atom fluorin berikatan dengan atom sulfur, elektron berpasangan yang terdapat pada orbital  $s$  dan  $p$  akan tereksitasi ke orbital  $d$  yang masih kosong agar semua elektron valensi pada sulfur menjadi tidak berpasangan.

Hibridisasi ketika atom sulfur berikatan dengan enam atom fluorin adalah  $sp^3d^2$  (terdapat enam orbital hibrida yang masing-masing dipakai untuk pasangan elektron ikatan).

2. Bentuk molekul  $\text{BrF}_5$ :

Elektron valensi atom Br = 7 elektron

Elektron dari 5 atom F = 5 elektron

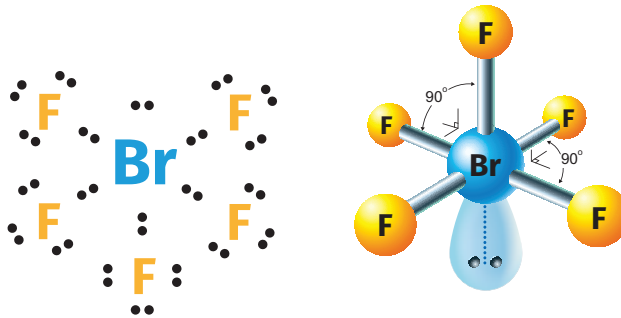
Jumlah elektron di sekitar atom pusat = 12 elektron

Jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat = 6 pasang

Jumlah pasangan elektron terikat = 5 pasang

Jumlah pasangan elektron bebas = 1 pasang

Karena ada enam pasang elektron di sekitar atom pusat, maka geometri pasangan elektronnya oktahedral. Namun, karena lima pasang elektron digunakan untuk berikatan dan tersisa satu pasang elektron bebas (tidak berikatan), maka geometri/bentuk molekulnya adalah piramida segi empat.

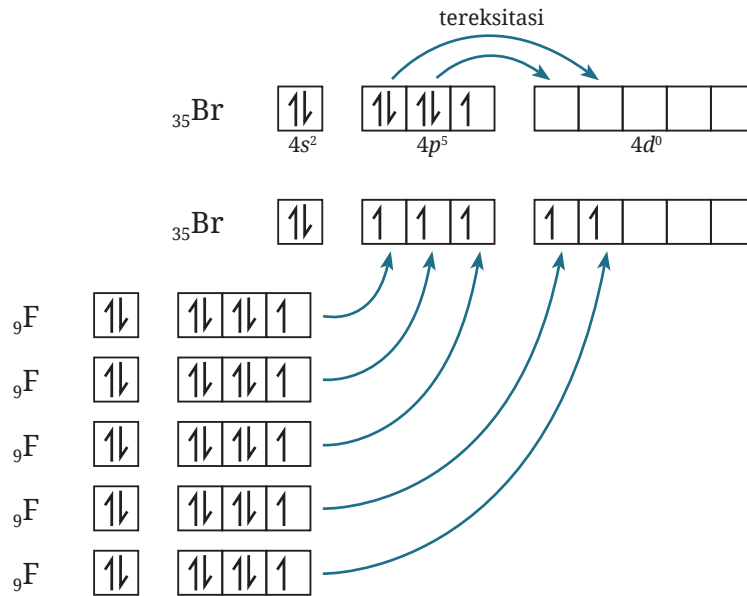


Hibridisasi  $\text{BrF}_5$ :

Elektron valensi atom Br: (2 5)

Elektron valensi atom F: (2 5)

Atom bromin memiliki empat orbital yang berisi tujuh elektron valensi. Saat lima atom fluorin berikatan dengan atom bromin, elektron berpasangan yang terdapat pada orbital  $p$  akan tereksitasi ke orbital  $d$  yang masih kosong agar tersedia lima elektron yang tidak berpasangan untuk dapat berikatan dengan lima atom fluorin.



Hibridisasi ketika atom bromin berikatan dengan lima atom fluorin adalah  $sp^3d^2$  (terdapat enam orbital hibrida, satu orbital dipakai untuk pasangan elektron bebas, lima orbital dipakai untuk pasangan elektron ikatan).

### Subbab: F. Ikatan Antarmolekul

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

### Pertemuan Ketujuh: Ikatan Antarmolekul

#### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menentukan interaksi antarmolekul.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami materi ikatan kovalen.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa ikatan hidrogen lebih kuat dibandingkan ikatan kovalen.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mengingat kembali pembentukan ikatan kovalen polar dan nonpolar.
2. Peserta didik diajak untuk mendiskusikan mengapa senyawa kovalen dapat berbeda-beda wujudnya.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati oksigen dalam wujud cair dan gas, seperti pada Gambar 2.21.
2. Peserta didik diajak untuk menyimak penjelasan tentang terjadinya gaya van der Waals.
3. Peserta didik diajak untuk menganalisis pengaruh gaya van der Waals terhadap perubahan wujud senyawa dari gas ke cair dan sebaliknya.
4. Peserta didik diarahkan untuk mencermati grafik titik didih senyawa kovalen, seperti yang terlihat pada Gambar 2.25.
5. Peserta didik diajak untuk memahami prinsip pembentukan ikatan hidrogen.

#### c. *Aplikasi Konsep*

Peserta didik diberi studi kasus tentang bahaya mengonsumsi makanan yang diberi nitrogen cair. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis tujuan nitrogen disimpan dalam fase cair dan bagaimana nitrogen cair ini dapat memberikan efek suhu yang dingin pada makanan.

#### d. *Refleksi Pembelajaran*

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Ikatan Antarmolekul.

2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

#### e. *Pengayaan*

Peserta didik diajak untuk membaca dan mencermati artikel pada Pengayaan. Peserta didik diajak untuk meningkatkan kecintaan terhadap kekayaan alam Indonesia dengan menemukan contoh batuan/mineral lain yang ada lingkungan sekitar atau di daerah peserta didik berasal dan menentukan senyawa dominan yang terkandung pada batuan/mineral tersebut, contohnya batu kapur (senyawa CaO), tanah liat (senyawa  $Al_2O_3$ ), pasir (senyawa  $Fe_2O_3$ ), dan emas (logam Au). Peserta didik mendiskusikan jenis ikatan dari senyawa mineral yang ditemukan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

#### f. *Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman*

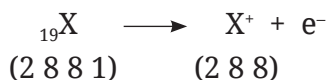
##### *Pilihan ganda*

1. Diketahui atom  ${}_{19}X$  dan  ${}_8Y$ .

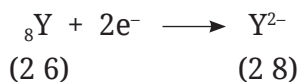
Konfigurasi elektron atom  ${}_{19}X = 2\ 8\ 8\ 1$

Konfigurasi elektron atom  ${}_8Y = 2\ 6$

Atom X merupakan unsur logam karena cenderung melepas elektron membentuk kation agar stabil.



Atom Y merupakan unsur nonlogam karena cenderung menangkap elektron membentuk anion agar stabil.



Jadi, ikatan yang terbentuk adalah ikatan ion dengan rumus  $X_2Y$ . (Jawab: b)

2. Padatan senyawa ion yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena anionnya terikat kuat dengan kationnya. Jadi, yang *tidak* termasuk sifat senyawa ion adalah padatnya dapat menghantarkan arus listrik. (Jawab: d)

3. (1) HCl = molekul polar  
(2) MgBr<sub>2</sub> = senyawa ion  
(3) Cl<sub>2</sub> = molekul nonpolar  
(4) CCl<sub>4</sub> = molekul nonpolar  
(5) H<sub>2</sub>O = molekul polar

Senyawa yang jenis gaya antarmolekulnya termasuk ke dalam dipol-dipol permanen adalah gaya antarmolekul polar dan polar, yaitu senyawa HCl dan H<sub>2</sub>O. (Jawab: c)

4. Bentuk molekul dan hibridisasi dari XeF<sub>4</sub> dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

Elektron valensi Xe = 8 elektron

Elektron dari 4 atom F = 4 elektron

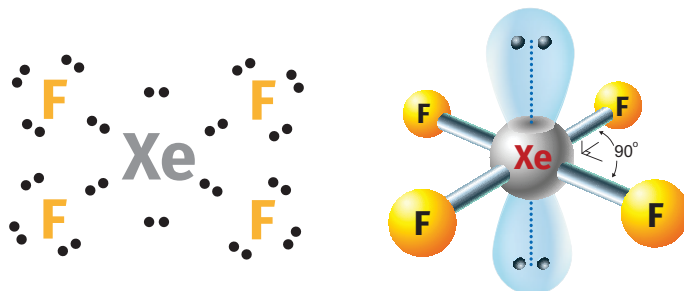
Jumlah elektron di sekitar atom pusat = 12 elektron

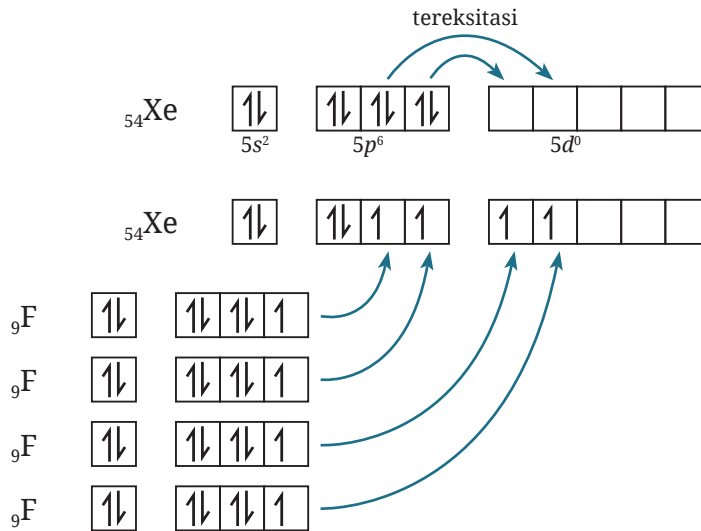
Jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat = 6 pasang

Jumlah pasangan elektron terikat = 4 pasang

Jumlah pasangan elektron bebas = 2 pasang

Enam pasang elektron di sekitar atom pusat menghasilkan geometri pasangan elektron oktahedral. Namun, dua pasang elektron bebas pada atom pusat menyebabkan tolak-menolak sejauh mungkin antara pasangan elektron bebas dengan pasangan elektron ikatan. Hal ini menyebabkan geometri molekul XeF<sub>4</sub> menjadi segi empat datar.





Xenon merupakan unsur gas mulia yang sudah stabil. Namun, karena elektron valensi xenon berada pada kulit kelima dalam golongan VIIIA maka xenon memiliki orbital  $d$  yang kosong. Orbital kosong ini dapat digunakan sebagai orbital hibrida untuk terbentuknya ikatan antara atom xenon dan empat atom fluorin. Hibridisasi  $\text{XeF}_4$  adalah  $sp^3d^2$  (terdapat enam orbital hibrida, dua orbital dipakai untuk pasangan elektron bebas, empat orbital dipakai untuk pasangan elektron ikatan).

(Jawab: b)

5. (1)  $\text{PF}_5$  = molekul nonpolar
- (2)  $\text{BeCl}_2$  = senyawa ion
- (3)  $\text{SO}_2$  = molekul polar
- (4)  $\text{CCl}_4$  = molekul nonpolar
- (5)  $\text{NH}_3$  = molekul polar

Jadi, yang merupakan molekul polar adalah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NH}_3$ .

(Jawab: b)

### **Uraian**

1. Karat emas berkurang dikarenakan adanya penambahan logam lain pada campuran logam emas tersebut. Biasanya toko emas menambahkan logam lain sehingga kadar emasnya tidak 100%.

Emas 22 karat terdiri atas 91,6% logam emas (Au) dan 8,3% logam perak (Ag). Penambahan logam lain ini mengakibatkan kerapatan atom-atom penyusun logam menjadi berkurang karena perbedaan jari-jari atom dari dua unsur yang berbeda. Hal memberikan keuntungan karena emas menjadi mudah dibentuk sehingga emas 22 karat memiliki bentuk perhiasan yang lebih bervariasi dibandingkan emas 24 karat.

2. Molekul hidrogen merupakan molekul polar. Gaya van der Waals yang dapat terjadi antara molekul nonpolar dengan molekul nonpolar adalah gaya dipol sesaat atau gaya London. Akibat adanya gaya dipol sesaat ini maka hidrogen dapat berubah menjadi fase cair. Namun, karena hanya sesaat dan bersifat lemah maka hidrogen cair dapat segera berubah menjadi hidrogen fase gas pada ruang terbuka.
3.  $\text{SF}_2$  memiliki geometri pasangan elektron tetrahedral. Namun, adanya pasangan elektron bebas menyebabkan bentuk molekulnya menjadi bengkok. Akibatnya,  $\text{SF}_2$  memiliki momen dipol yang tidak nol sehingga bersifat polar. Sementara,  $\text{SF}_6$  memiliki geometri pasangan ikatan oktahedral. Karena tidak ada pasangan elektron bebas maka semua pasangan elektron tersebut dipakai untuk berikatan sehingga bentuk molekulnya tetap oktahedral. Semua ikatannya saling meniadakan sehingga momen dipolnya sama dengan nol. Hal inilah yang menyebabkan  $\text{SF}_6$  bersifat nonpolar.

#### **g. Alternatif Pembelajaran**

1. Pada Bab Ikatan Kimia, pendidik dapat menggunakan berbagai macam metode pembelajaran, baik diskusi, *inquiry*, *discovery*, dan *problem based learning*.
2. Pada subbab ikatan ion, ikatan kovalen, dan bentuk molekul, pendidik dapat melakukan pembelajaran dengan menggunakan praktikum luring (di laboratorium) dan daring (menggunakan aplikasi untuk penentuan bentuk molekul).



#### **h. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana**

Pembelajaran pada Bab Ikatan Kimia, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, proyektor, alat-alat praktikum, poster, *flipbook*, dan laboratorium maya.

#### **i. Program Remedial dan Pengayaan**

##### **1. Remedial**

- Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas
- Tahapan pembelajaran remedial dilaksanakan melalui *remedial teaching* (klasikal), tutor sebaya, atau penugasan dan diakhiri dengan tes.
- Tes remedial dilakukan paling banyak tiga kali. Apabila setelah tiga kali tes remedial belum mencapai ketuntasan, maka remedial dilakukan dalam bentuk penugasan tanpa tes tertulis kembali.

##### **2. Pengayaan**

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

#### **j. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali**

##### **Bentuk interaksi**

- Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.
- Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)

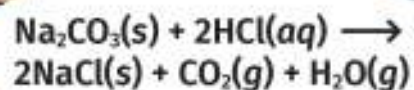
<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas 2.1 dan 2.2 pada buku siswa</li> <li>• Ayo cek pemahaman pada buku siswa</li> </ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	<p>Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> </ul>

### **k. Refleksi**

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab Ikatan Kimia, pendidik melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang telah dicapai maupun yang belum, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada pertemuan selanjutnya.

Perbandingan mol  
dalam stoikiometri?

Persen  
hasil?



## Bab



Panduan Khusus:

# Stoikiometri

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menjelaskan pengertian stoikiometri, menyetarakan persamaan reaksi, menggunakan konsep mol dalam perhitungan, menentukan rumus molekul dan rumus empiris, menentukan pereaksi pembatas, menghitung persen hasil dari suatu reaksi kimia, serta memahami stoikiometri dalam kehidupan sehari-hari.

## A. Pendahuluan

Stoikiometri merupakan bab ketiga dari buku Kimia kelas XI. Bab ini mempelajari tentang prinsip stoikiometri dalam hitungan kimia. Bab ini memiliki pesan dibalik isinya, yaitu (1) pengertian stoikiometri, (2) penyetaraan reaksi kimia, (3) hubungan mol dengan massa, volume, dan massa atom relatif, (4) rumus empiris dan rumus molekul, (5) pereaksi pembatas, serta (6) perhitungan persen hasil mengingat kesalahan-kesalahan saat percobaan dan sebagian reaksi kimia menghasilkan produk samping. Isi bab ini diharapkan mampu memberikan pemahaman kepada peserta didik mengenai prinsip stoikiometri dalam menyelesaikan hitungan kuantitatif yang melibatkan reaktan dan produk. Hal ini tentu akan memperkuat numerasi peserta didik.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tentang pengertian stoikiometri.
2. Menyetarakan persamaan reaksi kimia.
3. Menghitung massa, volume, dan jumlah partikel jika diketahui jumlah molnya, dan sebaliknya.
4. Menentukan rumus molekul dan rumus empiris suatu senyawa.
5. Menggunakan konsep mol dalam reaksi kimia, baik yang melibatkan pereaksi pembatas maupun bukan.
6. Menghitung persen hasil dari reaksi kimia.

Materi pembelajaran pada bab ini berkaitan dengan materi pelajaran pada kelas X, khususnya hukum-hukum dasar kimia dan konsep mol. Apa yang dipelajari dalam hukum dasar kimia dan konsep mol menjadi pondasi untuk memahami stoikiometri. Untuk itu, guru diharapkan dapat mengingatkan kembali peserta didik terkait pembelajaran pada jenjang sebelumnya yang berkaitan erat dengan bab ini.

## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Pengertian Stoikiometri			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca pengantar tentang pembuatan kue pancong.	Pergantian mol reaktan	Buku Siswa: bagian pendahuluan stoikiometri	Guru bisa mencari sumber tambahan di YouTube atau sumber <i>online</i> lainnya untuk menambah khasanah keilmuan peserta didik.
Mendiskusikan kaitan antara resep masakan dan stoikiometri.			
Mengerjakan Ayo Berlatih mengenai penyetaraan reaksi bersama teman sebangku atau berkelompok. Siswa diminta mencari contoh reaksi kimia dan menyetarakannya.	Penyetaraan reaksi	Buku Siswa: pengertian stoikiometri dan penyetaraan reaksi kimia	
Tautan sumber belajar online: <a href="https://belajar.kemdikbud.go.id/">https://belajar.kemdikbud.go.id/</a>			

Subbab: B. Konsep Mol			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mengingat kembali mengenai mol dan konsep mol.	Konsep mol	Buku siswa: subbab B	Sumber <i>online</i> seperti dari YouTube ataupun materi dari sekolah atau universitas.
Melakukan Aktivitas 3.1 secara berkelompok atau berpasangan.		Buku siswa: Aktivitas 3.1	
Mengerjakan soal latihan dalam Ayo Berlatih mengenai hubungan antara mol dengan massa, volume, dan jumlah partikel.		Buku Siswa: Ayo Berlatih	

**Subbab: C. Rumus Molekul dan Rumus Empiris****Alokasi Waktu:**

2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca materi yang ada di buku siswa mengenai definisi dari rumus molekul dan rumus empiris.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rumus molekul</li><li>• Rumus empiris</li></ul>	Buku siswa: Subbab C	
Mengerjakan Aktivitas 3.2 dengan teman sebangku atau berkelompok.			
Membaca dan berdiskusi dengan teman terkait cara menentukan rumus molekul dan rumus empiris.			
Memperkuat pemahaman dengan Ayo Berlatih dalam menentukan rumus empiris dan rumus molekul.			

**Subbab: D. Pereaksi Pembatas****Alokasi Waktu:**

2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca pengertian pereaksi pembatas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pereaksi pembatas</li><li>• Pereaksi sisa</li></ul>	Buku siswa: Subbab D	Sumber belajar <i>online</i> lainnya seperti dari YouTube
Menentukan pereaksi pembatas dengan mempelajari resep kue pancong.			
Memperkuat pemahaman dengan Ayo berlatih melakukan perhitungan kimia berkaitan dengan pereaksi pembatas	Perhitungan pereaksi pembatas		

Subbab: E. Persen hasil			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca materi dan berdiskusi mengenai persen hasil dan persen kemurnian.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persen hasil</li> <li>• Persen kemurnian</li> <li>• Produk samping</li> </ul>	Buku siswa: Subbab E	Sumber belajar <i>online</i> lainnya seperti dari YouTube
Berlatih menghitung persen hasil dan persen kemurnian		Buku siswa: Subbab E Ayo berlatih	

## C. Panduan Pembelajaran

Subbab: A. Pengertian Stoikiometri	
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran	

### Pertemuan Pertama: Pengertian Stoikiometri

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu memahami tentang pengertian stoikiometri.
- Peserta didik diharapkan mampu memahami prinsip dari penyetaraan reaksi.
- Peserta didik diharapkan mampu mampu menyetarakan persamaan reaksi.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami hukum dasar kimia yang dipelajari di kelas X.
- Peserta didik perlu diberi penguatan kembali terkait penyetaraan reaksi kimia untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan kimia.

- c. Peserta didik memiliki numerasi untuk melihat hubungan kuantitatif antara reaktan dan produk.
- d. Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi pada persamaan reaksi dan penyetaraan reaksi di antaranya:
- e. Jumlah molekul pada sisi reaktan sama dengan sisi produk.
- f. Jumlah koefisien pada sisi reaktan sama dengan sisi produk.
- g. Untuk mengatasi miskonsepsi ini maka guru mengambil peranan untuk menekankan atau menjelaskan terkait konsep tersebut. Bisa juga guru membuat infografis dari miskonsepsi yang ada dan diberikan kepada siswa.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati gambar pada sampul bab.
2. Menanyakan kepada peserta didik:  
Apakah yang timbul dalam benak kalian setelah mencermati gambar pada sampul Bab 3?
3. Peserta didik diingatkan kembali mengenai penyetaraan persamaan reaksi dengan melakukan tanya jawab
4. Peserta didik diarahkan bahwa keterampilan matematika atau numerasi juga dibutuhkan dalam ilmu kimia, misalnya dalam menyetarakan persamaan reaksi.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca pendahuluan Bab 3.
2. Peserta didik diajak untuk mengembangkan rasa ingin tahu, antara lain:
  - a. Memunculkan pertanyaan baru.
  - b. Mengaitkan antara resep masakan dengan perhitungan kimia.
3. Peserta didik diajak untuk bekerja sama secara berpasangan dalam mengerjakan soal penyetaraan reaksi kimia pada Ayo Berlatih Subbab A untuk mengingat pelajaran pada kelas X.



4. Peserta didik diarahkan untuk menemukan caranya sendiri bagaimana menyetarakan reaksi yang menurut mereka paling mudah.
5. Peserta didik diarahkan untuk menggunakan cara yang ada di buku untuk menyelesaikan persamaan reaksi.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik diajak untuk mencari reaksi yang belum setara, baik dari sumber *online* ataupun dari buku, kemudian mereka diarahkan untuk menyetarakan persamaan reaksi tersebut.

### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari pada subbab ini.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Menanyakan kepada peserta didik apakah ada kesulitan dalam mempelajari prinsip stoikiometri dan penyetaraan persamaan reaksi.

### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

Peserta didik ditekankan kembali bahwa penyetaraan persamaan reaksi adalah hal utama dalam menyelesaikan hitungan kimia. Mereka tidak dapat melakukan perhitungan stoikiometri jika persamaan reaksi belum setara.

### f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab A

Berikut reaksi yang sudah setara sebagai jawaban atas tugas dalam Ayo Berlatih Subbab A.

1.  $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
2.  $4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$
3.  $P_4O_{10} + 6H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$
4.  $Fe_2(SO_4)_3 + 6KOH \longrightarrow 3K_2SO_4 + 2Fe(OH)_3$

5.  $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 \longrightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{CaSiO}_3$
6.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4$
7.  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$
8.  $4\text{NH}_4\text{OH} + \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KOH} + 12\text{H}_2\text{O}$

## Subbab: B. Konsep Mol

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Kedua: Konsep Mol

### 1. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan kembali konsep mol dan menggunakannya dalam perhitungan kimia.
- b. Peserta didik diharapkan mampu menganalisis hubungan antara massa, volume, jumlah partikel, dan jumlah mol suatu zat.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik telah memahami konsep mol yang dipelajari di kelas X.
- b. Peserta didik perlu diberi penguatan kembali terkait konversi dari massa, volume, dan jumlah molekul menjadi mol.
- c. Peserta didik memiliki keterampilan numerasi untuk melihat hubungan antara mol, massa, volume, dan jumlah partikel.
- d. Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi pada konsep mol, yaitu menganggap volume semua zat sama pada setiap kondisi.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

1. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali pelajaran kelas X mengenai kuantitas unsur atau senyawa dalam mol.

2. Menanyakan kepada peserta didik, apakah mereka masih mengingat apa itu mol.
3. Menanyakan kepada peserta didik, apakah mereka masih ingat cara mengonversi volume, massa, dan jumlah molekul menjadi mol atau sebaliknya.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk memerhatikan kotak-kotak kosong dalam Aktifitas 3.1 pada buku siswa.
2. Peserta didik diajak untuk bekerja sama secara berpasangan atau dalam kelompok kecil (maksimal 4 orang) mengerjakan Aktivitas 3.1.
3. Perwakilan kelompok diminta untuk menyampaikan hasil diskusinya.
4. Dalam kelompok yang sama, peserta didik diminta untuk menyelesaikan Ayo Berlatih pada akhir Subbab B.
5. Perwakilan kelompok diminta mengerjakan Ayo Berlatih di papan tulis secara bergiliran.

#### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk berlatih melakukan konversi dari massa, volume, dan jumlah molekul menjadi mol dengan soal yang tersedia di internet atau guru membuat soal secara mandiri.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari pada subbab ini.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Menanyakan kepada peserta didik, apakah ada kesulitan dalam mempelajari prinsip stoikiometri dan penyetaraan persamaan reaksi.

### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

Peserta didik ditekankan kembali bahwa konsep mol adalah konsep utama dalam menyelesaikan perhitungan kimia. Mereka tidak dapat melakukan perhitungan jika tidak mahir dalam melakukan konversi yang melibatkan mol.

### f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab B

1. Hitunglah jumlah mol dari 28 gram besi!

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Mol Fe} &= \frac{\text{massa}}{\text{massa molar}} \\ &= \frac{28 \text{ g}}{56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}\end{aligned}$$

2. Berapakah massa dari 1,5 mol gas klorin?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Massa Cl}_2 &= \text{mol} \times \text{massa molar} \\ &= 1,5 \text{ mol} \times 71 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= 106,5 \text{ g}\end{aligned}$$

3. Berapakah jumlah mol dari 10 liter gas hidrogen pada kondisi STP?

Jawab:

$$\text{Mol} = \frac{\text{volume}}{22,4 \text{ l}\cdot\text{mol}^{-1}} = \frac{10 \text{ l}}{22,4 \text{ l}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,45 \text{ mol}$$

4. Massa dari 5 mol senyawa X adalah 10 gram. Hitunglah massa molar dari senyawa tersebut.

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Mol} &= \frac{\text{massa}}{\text{massa molar}} \\ \text{Massa molar} &= \frac{\text{massa}}{\text{mol}} = \frac{10 \text{ g}}{5 \text{ mol}} = 2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

## Subbab: C. Rumus Molekul dan Rumus Empiris

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Ketiga: Rumus Molekul dan Rumus Empiris

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menentukan rumus empiris dan rumus molekul.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis hubungan antara rumus empiris dengan rumus molekul dalam penyelesaian perhitungan kimia.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami tata nama senyawa yang sudah dipelajari di SMP/MTs dan konsep mol yang dipelajari di kelas X.
- Peserta didik memiliki keterampilan numerasi untuk melihat hubungan antara rumus molekul dan rumus empiris.
- Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi pada rumus molekul dan rumus empiris, yaitu menganggap rumus molekul suatu senyawa pasti berbeda dengan rumus empirisnya.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diajak untuk mengingat kembali pelajaran sebelumnya mengenai stokiometri dan konsep mol.
- Peserta didik diajak untuk mengingat beberapa rumus molekul, seperti “Siapa yang tahu rumus molekul air?” atau “Bagaimana dengan rumus molekul glukosa, adakah yang masih ingat?”
- Peserta didik diberikan motivasi terkait apa yang akan dipelajari dan manfaat apa yang akan diperoleh dari pembelajaran ini.

### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diajak untuk bekerja sama dalam kelompok atau berpasangan.
2. Peserta didik diajak untuk membaca materi dalam subbab C pada buku siswa.
3. Peserta didik diajak untuk melakukan Aktivitas 3.2 pada buku siswa.
4. Perwakilan kelompok diminta untuk menjelaskan jawaban mereka dari Aktivitas 3.2
5. Peserta didik diajak untuk bekerja sama secara berpasangan atau dalam kelompok kecil (maksimal 4 orang) untuk membaca mandiri dan memahami cara menentukan rumus empiris dan rumus molekul beserta contoh soal dan pembahasannya.
6. Peserta didik diajak untuk mempresentasikan cara menentukan rumus empiris dan rumus molekul.
7. Peserta didik diajak untuk melihat video dalam kanal YouTube mengenai instrumen *CHONS analyzer* atau berikan materi terkait *CHONS analyzer*. Alternatif lainnya, peserta didik diajak untuk membaca materi mengenai *CHONS analyzer* dan menjelaskan di depan kelas mengenai instrumen ini.
8. Peserta didik diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih pada akhir subbab C.
9. Peserta didik diajak untuk mendiskusikan atau membahas jawaban Ayo Berlatih.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk berlatih menentukan rumus empiris dan rumus molekul dari soal-soal yang ada di berbagai sumber, seperti internet dan kumpulan soal OSN mengenai rumus molekul dan rumus empiris. serta mereka diajak juga membuat infografis mengenai *CHONS Analyzer*.

#### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari pada subbab ini.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Menanyakan kepada peserta didik, apakah ada kesulitan dalam mempelajari rumus molekul dan rumus empiris.

#### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

Teknologi berkembang sangat cepat, begitu juga dalam bidang kimia. Kalau dahulu orang menghitung kadar C, H, O, dan N secara tradisional, saat ini sudah ada instrumen yang dapat membantu menghitung persentase dari unsur tersebut, yaitu *CHONS Analyzer*. Oleh karena itu, peserta didik diajak untuk membuat infografis mengenai alat tersebut dengan menggunakan berbagai macam aplikasi, seperti Canva, PPT, atau aplikasi lainnya.

#### f. Kunci Jawaban: Aktivitas 3.2

Senyawa	Massa molar	Rumus molekul	Rumus empiris
Hidrogen peroksida	34 g.mol <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HO
Butana	58 g.mol <sup>-1</sup>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
Naftalen	128 g.mol <sup>-1</sup>	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
Asam asetat	60 g.mol <sup>-1</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O

#### g. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C

1. Menentukan rumus empiris dari senyawa yang disusun oleh:
  - a. 63,6% besi dan 36,4 belerang
  - b. 53,3% oksigen, 40% karbon dan 6,7% hidrogen

Jawab:

- a. Diketahui suatu senyawa tersusun oleh 63,6% besi dan 36,4% belerang.

	Fe	S
Persentase	63,6%	36,4%
Massa	63,6 g	36,4 g
Mol	$\frac{63,6}{56} = 1,14 \text{ mol}$	$\frac{36,4}{32} = 1,14 \text{ mol}$
Perbandingan mol	1	1

Jadi, rumus empiris senyawa tersebut adalah FeS.

- b. Diketahui suatu senyawa tersusun oleh 53,3% oksigen, 40% karbon, dan 6,7% hidrogen

	O	C	H
Persentase	53,3%	40%	6,7%
Massa	53,3 g	40 g	6,7 g
Mol	$\frac{53,3}{16} = 3,33 \text{ mol}$	$\frac{40}{12} = 3,33 \text{ mol}$	6,7 mol
Perbandingan mol	1	1	2

Jadi, rumus empiris senyawa tersebut adalah CH<sub>2</sub>O.

2. Menentukan rumus empiris dari senyawa polimer.
- Polietilen yang tersusun dari 86% karbon dan 14% hidrogen.
  - Polistiren yang tersusun dari 92,3% karbon dan 7,7% hidrogen.

Jawab:

- a. Polietilen yang tersusun dari 86% karbon dan 14% hidrogen.

	C	H
Persentase	86%	14%
Massa	86 g	14 g
Mol	$\frac{86}{12} = 7,17 \text{ mol}$	14 mol
Perbandingan mol	1	2



Jadi, rumus empiris polietilen tersebut adalah  $\text{CH}_2$ .

- b. Polistiren yang tersusun dari 92,3% karbon dan 7,7% hidrogen.

	C	H
Persentase	92,3%	7,7 %
Massa	92,3 g	7,7 g
Mol	$\frac{92,3}{12} = 7,7 \text{ mol}$	7,7 mol
Perbandingan mol	1	1

Jadi, rumus empiris polistiren tersebut adalah  $\text{CH}$ .

3. Diketahui : zat warna dengan komposisi 75,95% C, 17,72% N, dan 6,33% H

Massa molar zat warna =  $480 \text{ g.mol}^{-1}$

Ditanyakan: rumus molekul zat warna tersebut

Jawab:

	C	N	H
Persentase	75,95%	17,72%	6,33%
Massa	75,95 g	17,72 g	6,33 g
Mol	$\frac{75,95}{12} = 6,33 \text{ mol}$	$\frac{17,72}{14} = 1,27 \text{ mol}$	6,33 mol
Perbandingan mol	5	1	5

Rumus empiris =  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$

Rumus molekul = rumus empiris  $\times N$

$$N = \frac{\text{massa molekul relatif}}{\text{massa molekul relatif dari rumus empiris}}$$

$$= \frac{480}{(60 + 5 + 14)} = \frac{480}{79} = 6$$

Jadi, rumus molekul zat warna tersebut adalah  $\text{C}_{30}\text{H}_{30}\text{N}_6$ .

## Subbab: D. Pereaksi Pembatas

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Keempat: Pereaksi Pembatas

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menentukan unsur atau senyawa yang berperan sebagai pereaksi pembatas.
- Peserta didik diharapkan mampu menentukan unsur atau senyawa yang bersisa dalam sebuah reaksi kimia.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami penyetaraan reaksi dan konsep mol yang dipelajari pada subbab sebelumnya.
- Peserta didik perlu diberi penguatan kembali kalau sekiranya ada yang masih belum paham mengenai persamaan reaksi dan konsep mol.
- Peserta didik memiliki numerasi untuk melakukan perhitungan terkait dengan pereaksi pembatas.
- Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi pada pereaksi pembatas, yaitu menganggap pereaksi pembatas adalah unsur atau senyawa yang massanya paling kecil dalam sebuah reaksi.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diajak untuk mengingat kembali pelajaran sebelumnya mengenai stokiometri dan konsep mol.
- Peserta didik diberikan motivasi terkait apa yang akan dipelajari dan manfaat yang akan diperoleh dari pembelajaran ini.

### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diajak untuk bekerja dalam kelompok atau berpasangan.
2. Peserta didik diajak untuk membaca materi subbab D buku siswa untuk memahami pereaksi pembatas melalui perhitungan resep kue pancong.
3. Peserta didik diajak untuk lebih memahami pereaksi pembatas dari suatu reaksi kimia melalui contoh soal.
4. Perwakilan kelompok diminta menyampaikan apa yang telah dipelajari dalam materi subbab D.
5. Peserta didik diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih di akhir subbab D.
6. Perwakilan siswa diminta untuk menjelaskan jawaban Ayo Berlatih.
7. Guru mendiskusikan dan membahas Ayo Berlatih bersama peserta didik.

### **c. Aplikasi Konsep**

1. Peserta didik diajak untuk berlatih menentukan pereaksi pembatas yang ada di berbagai sumber, seperti internet atau kumpulan soal OSN mengenai pereaksi pembatas.
2. Peserta didik diajak untuk membuat soal terkait pereaksi pembatas per kelompok dan membahasnya.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

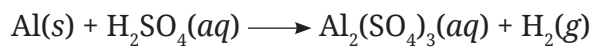
1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari pada subbab ini
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada bab ini.
3. Menanyakan kepada peserta didik, apakah ada kesulitan dalam mempelajari pereaksi pembatas.

### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

Peserta didik ditekankan kembali bahwa dengan mempelajari pereaksi pembatas mereka dapat melatih keterampilan numerasi. Guru dapat memberikan studi kasus mengenai literasi keuangan berkaitan dengan pereaksi pembatas.

### f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab D

1. Diketahui : 10,8 gram logam aluminium direaksikan dengan 49 gram asam sulfat, menurut reaksi:



- Ditanyakan : a. pereaksi pembatasnya  
b. mol reaktan yang bersisa  
c. volume gas  $\text{H}_2$  yang dihasilkan pada keadaan STP

Jawab:

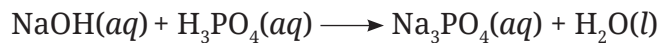
$$\text{Mol Al} = \frac{10,8 \text{ g}}{27 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,4 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{49 \text{ g}}{(2 + 32 + 64) \text{ g.mol}^{-1}} = \frac{49 \text{ g}}{98 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}$$

	$2\text{Al}(s) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(aq) \longrightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(aq) + 3\text{H}_2(g)$			
Awal	0,4 mol	0,5 mol		
Reaksi	0,33 mol	0,5 mol	0,17 mol	0,5 mol
Akhir	0,07 mol	–	0,17 mol	0,5 mol

- a. Jadi, pereaksi pembatasnya adalah asam sulfat.  
(Dilihat dari perbandingan jumlah mol dibagi dengan koefisien. Nilai mol dibagi koefisien terkecil yang berperan sebagai pereaksi pembatas.)
- b. Mol reaktan yang bersisa adalah Al sebanyak 0,33 mol.
- c. Volume hidrogen yang dihasilkan pada kondisi STP adalah  $0,5 \text{ mol} \times 22,4 \text{ liter.mol}^{-1} = 11,2 \text{ liter}$

2. Diketahui : 80 gram natrium hidroksida beraksi dengan 98 gram asam fosfat menurut reaksi:

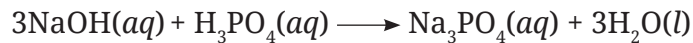


- Ditanyakan: a. pereaksi pembatasnya  
b. massa natrium fosfat yang terbentuk

Jawab:

$$\text{Mol NaOH} = \frac{80 \text{ g}}{(23 + 16 + 1) \text{ g.mol}^{-1}} = \frac{80 \text{ g}}{40 \text{ g.mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_3\text{PO}_4 = \frac{98 \text{ g}}{(3 + 31 + 64) \text{ g.mol}^{-1}} = \frac{98 \text{ g}}{98 \text{ g.mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$



Awal	2 mol	1 mol		
Reaksi	2 mol	0,67 mol	0,17 mol	2 mol
Akhir	-	0,33 mol	0,67 mol	2 mol

- a. Jadi, senyawa yang berperan sebagai pereaksi pembatas adalah natrium hidroksida.
- b. Massa natrium fosfat yang terbentuk  
 $= \text{mol} \times \text{massa molar}$   
 $= 0,67 \text{ mol} \times 164 \text{ g.mol}^{-1}$   
 $= 110 \text{ g}$

### Subbab: E. Persen Hasil

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

### Pertemuan Kelima: Persen Hasil

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta didik diharapkan mampu menentukan hubungan antara reaktan dan produk untuk menghitung persen hasil.
- b. Peserta didik diharapkan mampu menghitung persen hasil dan persen kemurnian dari suatu reaksi kimia.

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik telah memahami penyetaraan reaksi dan konsep mol yang dipelajari pada subbab sebelumnya.
- b. Peserta didik perlu diberi penguatan kembali kalau sekiranya ada yang masih belum paham mengenai persamaan reaksi dan konsep mol.
- c. Peserta didik memiliki keterampilan numerasi untuk melakukan perhitungan terkait dengan persen hasil.
- d. Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi berkaitan dengan persen hasil, yaitu menganggap reaksi kimia selalu menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diharapkan dengan persentase 100%.

## 3. Tahapan Pembelajaran

### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali pelajaran sebelumnya mengenai stoikiometri dan konsep mol.
2. Peserta didik diberikan penjelasan mengenai apa yang akan dipelajari dan manfaat apa yang akan diperoleh dari pembelajaran ini.

### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diajak untuk membaca potongan komik pada subbab E dan membaca materi tentang persen hasil dan persen kemurnian.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan apa yang mereka dapatkan dari materi persen hasil dan persen kemurnian.
3. Peserta didik diajak untuk memahami cara menghitung persen hasil dan persen kemurnian dari contoh soal.
4. Perwakilan siswa diminta untuk menyampaikan mengenai persen hasil dan persen kemurnian serta bagaimana melakukan perhitungannya.

5. Peserta didik diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih di akhir subbab E.
6. Perwakilan siswa diminta untuk menjelaskan jawaban Ayo Berlatih.
7. Peserta didik diajak untuk mendiskusikan dan membahas Ayo Berlatih secara klasikal.

**c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk mencari berbagai reaksi kimia yang menghasilkan produk samping atau diberikan bacaan atau kasus yang berkaitan dengan persen hasil dalam industri kimia.

**d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari pada subbab ini.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Menanyakan kepada peserta didik, apakah ada kesulitan dalam mempelajari pereaksi pembatas.

**e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa dengan mempelajari persen hasil mereka dapat melatih keterampilan numerasi dan berpikir kritis. Guru dapat memberikan studi kasus mengenai persen hasil untuk didiskusikan bersama peserta didik.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab E**

1. Diketahui : berat endapan secara teori = 19,5 gram  
                  berat endapan hasil praktikum = 18,5 gram  
Ditanyakan : persen hasil = ...?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Persen hasil} &= \frac{\text{hasil aktual}}{\text{hasil teoretis}} \times 100\% \\ &= \frac{18,5 \text{ g}}{19,5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 94,87\%\end{aligned}$$

2. Diketahui : 10 gram barium nitrat dilarutkan dalam natrium sulfat berlebih menurut reaksi:  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{NaNO}_3(\text{aq})$   
berat barium sulfat hasil percobaan = 7,5 gram

Ditanyakan : persen hasil = ...?

Jawab:

Dari reaksi terlihat perbandingan mol barium nitrat dan barium sulfat adalah 1 : 1, sehingga mol natrium nitrat yang bereaksi sama dengan mol barium sulfat yang diperoleh.

$$\text{Mol Ba}(\text{NO}_3)_2 \text{ yang bereaksi} = \frac{10 \text{ g}}{261 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,038 \text{ mol}$$

Mol  $\text{BaSO}_4$  yang dihasilkan = mol  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  yang bereaksi = 0,038 mol

$$\text{Massa BaSO}_4 \text{ yang dihasilkan} = \frac{0,038 \text{ mol}}{261 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 8,85 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Persen hasil} &= \frac{\text{hasil aktual}}{\text{hasil teoretis}} \times 100\% \\ &= \frac{7,5 \text{ g}}{8,85 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 84,75\%\end{aligned}$$

### **g. Kunci Jawaban: Studi Kasus dalam Pengayaan**

Gas LPG terdiri atas 50% propana dan 50% butana. Artinya, setiap 3 kg gas LPG terdiri atas 1,5 kg gas propana dan 1,5 kg gas butana.

1. Emisi karbon dioksida dari pembakaran propana  
Perbandingan mol karbon dioksida dan propana adalah 3 : 1.  
Setiap 1 mol propana menghasilkan 3 mol karbon dioksida, sehingga emisi karbon dioksida yang dihasilkan adalah:



$$\begin{aligned}
&\text{Emisi CO}_2 \text{ dari pembakaran C}_3\text{H}_8 \\
&= \text{mol C}_3\text{H}_8 \times 3 \times \text{massa molar CO}_2 \times \text{jumlah pemakai} \\
&= \frac{1.500 \text{ g}}{44 \text{ g.mol}^{-1}} \times 3 \times 44 \text{ g.mol}^{-1} \times 2.500 \\
&= 1,5 \text{ kg} \times 3 \times 2.500 \\
&= 11.250 \text{ kg} \\
&= 11,25 \text{ ton}
\end{aligned}$$

2. Emisi karbon dioksida dari pembakaran butana  
Perbandingan mol karbon dioksida dan butana adalah 8 : 2 atau 4 : 1. Setiap 1 mol butana menghasilkan 4 mol karbon dioksida, sehingga emisi karbon dioksida yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned}
&\text{Emisi CO}_2 \text{ dari pembakaran C}_4\text{H}_{10} \\
&= \text{mol C}_4\text{H}_{10} \times 4 \times \text{massa molar CO}_2 \times \text{jumlah pemakai} \\
&= \frac{1.500 \text{ g}}{58 \text{ g.mol}^{-1}} \times 3 \times 44 \text{ g.mol}^{-1} \times 2.500 \\
&= 11.379 \text{ kg} \\
&= 11,38 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Jadi, dari pembakaran gas elpiji di Desa Sukamulia saja setiap minggunya dihasilkan 22,63 ton emisi gas karbon dioksida.

#### **h. Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman**

##### **Pilihan Ganda**

- Diketahui reaksi:  

$$a\text{H}_2\text{SO}_4 + b\text{KOH} \longrightarrow c\text{K}_2\text{SO}_4 + d\text{H}_2\text{O}$$
 Untuk menghitung nilai  $a : d$ , reaksi perlu disetarakan.  

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$
 Nilai  $a$  adalah 1 dan nilai  $d$  adalah 2, sehingga nilai  $a : d$  adalah 1 : 2. (Jawab: a)
- Jumlah molekul dari 3,2 gram  $\text{SO}_2$  ditentukan sebagai berikut.  
 Jumlah molekul = mol  $\times$  bilangan Avogadro  

$$= \frac{3,2 \text{ g}}{64 \text{ g.mol}^{-1}} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul.mol}^{-1}$$

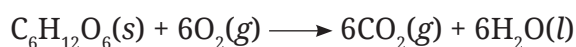
$$= 3,011 \times 10^{22} \text{ molekul (Jawab: d)}$$

3. Diberikan reaksi-reaksi sebagai berikut.

- $\text{Ba}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3$
- $3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 \longrightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NaCl}$
- $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$
- $\text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$
- $2\text{As} + 3\text{NaOH} \longrightarrow 2\text{Na}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2$

Dengan membandingkan jumlah atom di sisi reaktan dan produk, maka jumlah atom yang tidak sama hanya pada pilihan “e”, yaitu pada atom H dan O. (Jawab: e)

4. Diketahui : 10 gram glukosa mengalami reaksi pembakaran menurut reaksi:



Ditanyakan : massa karbon dioksida yang dihasilkan

Jawab:

Perbandingan mol glukosa dan karbon dioksida adalah 1 : 6.

Artinya, 1 mol glukosa menghasilkan 6 mol karbon dioksida.

$$10 \text{ gram glukosa} = \frac{10 \text{ g}}{180 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,056 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CO}_2 &= 6 \times \text{mol glukosa} \times \text{massa molar CO}_2 \\ &= 6 \times 0,056 \text{ mol} \times 44 \text{ g.mol}^{-1} \\ &= 14,784 \text{ g} \end{aligned}$$

Jadi, massa  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sekitar 15 gram. (Jawab: c)

5. Diketahui : suatu senyawa terdiri atas 45,1% nitrogen, 38,8% karbon, dan 16,1% hidrogen

Ditanyakan : rumus empiris senyawa tersebut

Jawab:

	N	C	H
Persentase	45,1%	38,8%	16,1%
Massa	45,1 g	38,8 g	16,1 g
Mol	$\frac{45,1}{14} = 3,22 \text{ mol}$	$\frac{38,8}{12} = 3,23 \text{ mol}$	16,1 mol
Perbandingan mol	1	1	5

Jadi, rumus empiris senyawa tersebut adalah  $\text{CH}_5\text{N}$ . (Jawab: c)

### Uraian

1. Diketahui : 3,2 gram metana dibakar dengan 8 gram oksigen menurut reaksi:



Ditanyakan: massa dari gas karbon dioksida yang dihasilkan

Jawab:

$$\text{Mol CH}_4 = \frac{3,2 \text{ g}}{16 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{Mol O}_2 = \frac{8 \text{ g}}{32 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}$$

Reaksi di atas belum setara, maka perlu disetarakan terlebih dahulu.



Awal	0,2 mol	0,5 mol		
Reaksi	0,2 mol	0,4 mol	0,2 mol	0,4 mol
Akhir	-	0,1 mol	0,2 mol	0,4 mol

Jadi, massa dari karbon dioksida yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{massa CO}_2 &= \text{mol} \times \text{massa molar} \\ &= 0,2 \text{ mol} \times 44 \text{ gram.mol}^{-1} \\ &= 8,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Diketahui : poliakrilonitril dengan komposisi 67,9% C, 26,4% N, dan 5,70% H

Ditanyakan: rumus empiris poliakrilonitril

Jawab:

	C	N	H
Persentase	67,9%	26,4%	5,70%
Massa	67,9 g	26,4 g	5,7 g
Mol	$\frac{67,9}{12} = 5,66 \text{ mol}$	$\frac{26,4}{14} = 1,88 \text{ mol}$	5,7 mol
Perbandingan mol	3	1	3

Jadi, rumus empiris poliakrilonitril adalah  $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$ .

3. Diketahui : asam para-aminobenzoat tersusun dari 61,31% karbon, 23,34% oksigen, 10,21% nitrogen, dan 5,14% hidrogen

Ditanyakan : rumus empiris asam para-aminobenzoat

Jawab:

	C	O	N	H
Persentase	61,31%	23,34%	10,21%	5,14%
Massa	61,31 g	23,34 g	10,21 g	5,14 g
Mol	5,11 mol	1,46 mol	0,73 mol	5,14 mol
Perbandingan mol	7	2	1	7

Jadi, rumus empiris asam para-aminobenzoat adalah  $C_7H_7O_2N$ .

#### i. Alternatif Pembelajaran

Pada Pembelajaran Bab Stoikiometri ini, pendidik bisa menggunakan berbagai metode pembelajaran, baik *inquiry*, *discovery*, *cooperative learning*, *problem based learning*, *project based learning*, maupun gabungan dari beberapa metode. Misalnya pada pembelajaran konsep mol, peserta didik bisa dibagi menjadi beberapa kelompok membuat proyek berupa poster mengenai konsep mol. Contoh lain pada pembelajaran rumus molekul dan rumus empiris bisa digunakan pendekatan *problem based* dengan memberikan beberapa kasus untuk menentukan rumus molekul suatu senyawa.

#### j. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana

Untuk pembelajaran pada Bab Stoikiometri ini, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, klip singkat, atau video animasi.

#### k. Program Remedial dan Pengayaan

##### 1. Remedial

- Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas.

- Beberapa alternatif kegiatan remedial yang dapat dilakukan misalnya tes ulang setelah pendidik memberikan *review* materi, menggunakan tutor sebaya untuk membantu peserta didik memahami pelajaran, atau dengan memberikan penugasan, misalnya membuat peta pikiran dari Bab Stoikiometri.

## 2. Pengayaan

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

### I. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali

Bentuk interaksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.</li> <li>• Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)</li> </ul>
Kegiatan yang dilaporkan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas pembelajaran pada buku siswa</li> <li>• Tugas rumah yang perlu dimonitor oleh orang tua</li> </ul>
Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik dan ketuntasan belajar peserta didik.
Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan	Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> </ul>

### **m. Refleksi**

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab Stoikiometri, pendidik melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang sudah dicapai dan yang belum diselesaikan, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

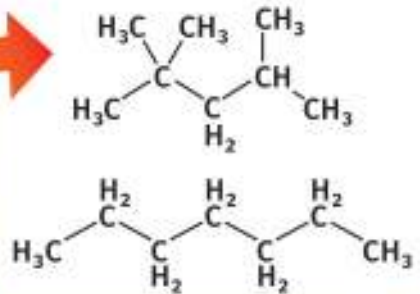
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)

### Octane Number



# Bab IV

Panduan Khusus:

# Hidrokarbon

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik mampu memahami tentang kekhasan atom karbon, klasifikasi hidrokarbon, alkana, alkena, alkuna, dan hidrokarbon aromatik, serta dampak penggunaan bahan bakar hidrokarbon melalui berbagai aktivitas.

## A. Pendahuluan

Hidrokarbon merupakan bab keempat dari buku Kimia kelas XI. Bab ini mempelajari tentang kekhasan atom karbon, klasifikasi hidrokarbon, sifat, reaksi, dan isomer hidrokarbon. Isi bab ini diharapkan mampu memberikan pemahaman kepada peserta didik mengenai tata nama, sifat, reaksi, dan isomer dari alkana, alkena, dan alkuna sebagai senyawa-senyawa hidrokarbon yang paling sederhana.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan kekhasan atom karbon.
2. Memberi nama senyawa alkana, alkena, dan alkuna sesuai aturan IUPAC.
3. Menuliskan rumus struktur yang sesuai untuk alkana, alkena, dan alkuna.
4. Menganalisis sifat fisik dan kimia dari senyawa alkana, alkena, dan alkuna.
5. Membuat struktur dan memberi nama isomer-isomer alkana, alkena, dan alkuna.
6. Menjelaskan dampak positif dan negatif dari pembakaran hidrokarbon.

Kaitan dengan materi sebelumnya adalah peserta didik sudah memahami materi pembelajaran mengenai konfigurasi elektron, sifat periodik, ikatan kimia, dan persamaan reaksi. Dengan memahami konfigurasi elektron dan sifat periodik, peserta didik dapat menjelaskan kekhasan atom karbon, sedangkan dengan pengetahuan ikatan kimia dapat menjelaskan ikatan yang terjadi pada senyawa hidrokarbon. Sebelum dan selama pembelajaran mengenai senyawa hidrokarbon diharapkan guru dapat memeriksa kembali pemahaman materi-materi prasyarat untuk materi hidrokarbon ini.



## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Kekhasan Atom Karbon			
Alokasi Waktu: 1 pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis artikel mengenai bahan bakar yang paling banyak digunakan oleh manusia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan bakar</li> <li>• Hidrokarbon</li> <li>• Pembakaran</li> <li>• Metana</li> <li>• Struktur senyawa karbon</li> </ul>	Buku Siswa: Aktivitas 4.1	
Mengamati gambar produk bahan bakar hidrokarbon.		Buku Siswa: Gambar 4.1	
Mengamati proses pembakaran.		Buku Siswa: Aktivitas 4.2	
Menganalisis sisa proses pembakaran.			
Mencermati metana sebagai hidrokarbon paling sederhana.		Buku Siswa: Gambar 4.2 Aktivitas 4.3	
Mengamati berbagai cara representasi struktur rantai karbon.		Buku Siswa: Gambar 4.3	
Menjelaskan kekhasan atom karbon.		Buku Siswa: Ayo Berlatih	
Menggambarkan struktur hidrokarbon pada berbagai representasi			
Menentukan jenis atom karbon pada senyawa hidrokarbon			

**Subbab: B. Klasifikasi Hidrokarbon****Alokasi Waktu:**  
1 pertemuan, 1 jam pelajaran


Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Merancang alat percobaan.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pembakaran</li><li>• Persamaan reaksi</li><li>• Hidrokarbon</li></ul>	Buku Siswa: Aktivitas 4.4	
Mengamati proses pembakaran lilin.			
Menuliskan persamaan reaksi pembakaran hidrokarbon.			
Menyimpulkan hasil percobaan.			

**Subbab: C. Alkana  
D. Alkena dan Alkuna  
E. Hidrokarbon Aromatik****Alokasi Waktu:**  
2 pertemuan, 4 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mencermati tabel nama alkana sederhana.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tata nama</li><li>• Alkana</li><li>• Alkena</li><li>• Alkuna</li><li>• Hidrokarbon aromatik</li></ul>	Buku Siswa: Tabel 4.1 Subbab C	
Tanya jawab mengenai apa saja yang menjadi keteraturan pada Tabel 4.1 tersebut.			
Membaca dan menyimak penjelasan tata nama alkana, alkena, dan alkuna berdasarkan aturan IUPAC.		Buku Siswa: Subbab C dan D	
Berlatih menuliskan nama yang sesuai dari contoh-contoh yang diberikan guru. Contoh soal latihan dapat dicek pada tautan Quizizz.			Quizizz
Menyimak pengenalan hidrokarbon aromatik.			Buku Siswa: Subbab E

**Subbab: F. Sifat Fisis dan Kimia Hidrokarbon  
G. Isomer pada Hidrokarbon  
H. Dampak Pembakaran Hidrokarbon**

**Alokasi Waktu:**  
1 pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mencermati struktur senyawa berbeda dan menganalisis hubungan antara struktur dengan sifat fisis senyawa hidrokarbon.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sifat fisis</li> <li>• Sifat kimia</li> <li>• Persamaan reaksi</li> <li>• Isomer</li> <li>• Efek rumah kaca</li> </ul>	Buku Siswa: Subbab F, G dan H	
Menyimak penjelasan mengenai jenis-jenis reaksi pada senyawa hidrokarbon			
Menuliskan struktur isomer alkana, alkena, dan alkuna melalui Ayo Berlatih.			
Menyimak penjelasan dampak positif dan negatif dari pembakaran hidrokarbon.			<p><a href="https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/">https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/</a></p> 

## C. Panduan Pembelajaran

### Subbab: A. Kekhasan Atom Karbon

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

### Pertemuan Pertama: Kekhasan Atom Karbon

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menentukan jenis ikatan yang terjadi pada senyawa karbon.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis pengaruh elektron valensi dan ukuran atom karbon terhadap kekuatan ikatan kovalen pada senyawa karbon.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis pengaruh ikatan antaratom karbon terhadap banyaknya senyawa karbon di alam.
- Peserta didik diharapkan mampu menentukan jenis atom karbon berdasarkan posisinya pada senyawa karbon.
- Peserta didik diharapkan mampu membuat berbagai model visual struktur senyawa karbon berdasarkan jenis atom karbon yang dimiliki.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami konfigurasi elektron.
- Peserta didik telah memahami ikatan kimia.

#### 3. Tahapan Pembelajaran

##### a. *Apersepsi*

- Peserta didik diajak membuka tautan pada Aktivitas 4.1 untuk membuka wawasan mengenai bahan bakar yang paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia saat ini.
- Peserta didik diajak untuk melakukan Aktivitas 4.2.

### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan konfigurasi elektron dari atom karbon untuk menentukan elektron valensi dan kemungkinan ikatan kimia yang terjadi.
2. Peserta didik diajak untuk menganalisis hubungan antara konfigurasi elektron dengan ukuran atom dan kekuatan ikatan yang terjadi.
3. Peserta didik diingatkan kembali mengenai ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga.
4. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan berbagai struktur rantai karbon dimulai dari hidrokarbon yang paling sederhana, yaitu metana.
5. Peserta didik diarahkan untuk menentukan jenis atom karbon berdasarkan posisinya di dalam struktur senyawa karbon termasuk metana sebagai senyawa paling sederhana.
6. Peserta didik diarahkan untuk mengerjakan Ayo Berlatih pada subbab A.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk menganalisis hubungan antara banyaknya senyawa karbon di alam dengan kekhasan atom karbon yang telah dipelajari.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

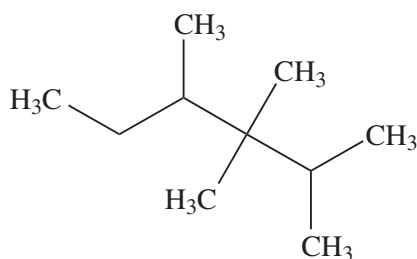
1. Peserta didik diminta menyimpulkan hasil pembelajaran pada pertemuan ini.
2. Peserta didik diajak berdiskusi mengenai materi yang belum dipahami mengenai subbab Kekhasan Atom Karbon.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

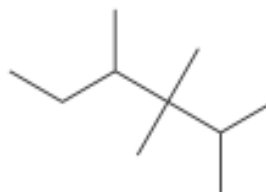
Kepada peserta didik disampaikan rencana pertemuan berikutnya untuk membawa barang-barang yang diperlukan untuk merangkai alat percobaan dalam Aktivitas 4.4.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih**

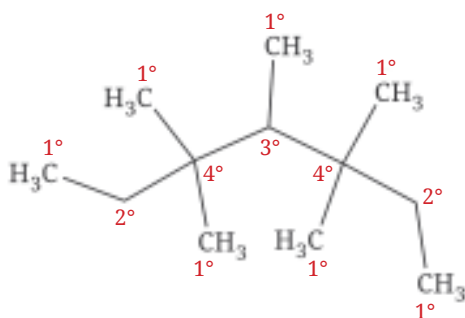
1. Kekhasan atom karbon antara lain:
  - a. Atom karbon dapat membentuk ikatan kovalen yang kuat karena memiliki empat elektron valensi dan ukuran atom yang kecil.
  - b. Atom karbon dapat membentuk rantai yang sangat bervariasi, yaitu rantai lurus, bercabang, dan siklis.
  - c. Atom karbon dapat membentuk ikatan tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga antaratom karbon.
2. Menuliskan struktur senyawa berikut ke dalam struktur termampatkan dan struktur garis.



- a. Struktur termampatkan:  
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
- b. Struktur garis:



3. Menentukan jumlah atom karbon primer, sekunder, dan tersier dari struktur berikut ini.



Atom C primer = 7, C sekunder = 2, C tersier = 1, dan C kuarterner = 2.



- c. Peserta didik diharapkan mampu menganalisis hasil pembakaran hidrokarbon melalui percobaan.
- d. Peserta didik diharapkan mampu menuliskan persamaan reaksi yang terjadi selama percobaan.
- e. Peserta didik diharapkan mampu membuat kesimpulan yang tepat mengenai produk pembakaran hidrokarbon.

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

Peserta didik telah memahami persamaan reaksi.

## 3. Tahapan Pembelajaran

### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik merangkai alat percobaan sesuai dengan gambar pada Aktivitas 4.3.
2. Peserta didik melakukan percobaan pada Aktivitas 4.3.

### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk mengamati percobaan yang dilakukan. Peserta didik diharapkan dapat mengamati adanya uap pada selang transparan/tabung kaca yang dilewati dan timbulnya endapan pada air kapur.
2. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai zat apa yang menjadi penyebab munculnya fenomena yang terlihat pada saat pengamatan. Untuk reaksi pada air kapur, jika peserta didik belum dapat menebak senyawa penyebab endapan, maka mereka diajak untuk meniup air kapur dan menanyakan zat apa yang ditiupkan dari hasil pernapasan ke dalam air kapur tersebut.
3. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan reaksi-reaksi pembakaran/oksidasi berbagai unsur.
4. Peserta didik diajak untuk menyimpulkan unsur penyusun lilin yang sedang diuji berdasarkan hasil pengamatan.



5. Peserta didik diarahkan untuk mengklasifikasikan senyawa hidrokarbon.

**c. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diminta untuk menyimpulkan hasil pembelajaran pada pertemuan ini.
2. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai materi yang belum dipahami mengenai subbab Klasifikasi Hidrokarbon.

**d. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Kepada peserta didik disampaikan rencana pertemuan berikutnya mengenai tata nama senyawa hidrokarbon.

**Subbab: C. Alkana  
D. Alkena dan Alkuna  
E. Hidrokarbon Aromatik**

**Alokasi Waktu:**  
2 kali pertemuan, 4 jam pelajaran

**Pertemuan Ketiga dan Keempat:** Alkana, Alkena, dan Alkuna serta Hidrokarbon Aromatik

**1. Tujuan Pembelajaran**

- a. Peserta didik diharapkan mampu menentukan nama senyawa alkana, alkena, dan alkuna sesuai penamaan dari IUPAC
- b. Peserta didik diharapkan mengenal hidrokarbon aromatik.

**2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

- a. Penulisan struktur senyawa karbon pada subbab A.
- b. Klasifikasi hidrokarbon pada subbab B.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Peserta didik diajak mengingat kembali bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari yang sebagian besar merupakan hidrokarbon.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati tabel nama alkana sederhana.
2. Menanyakan kepada peserta didik mengenai apa saja yang menjadi keteraturan pada tabel tersebut.
3. Peserta didik diajak untuk membaca penjelasan mengenai tata nama alkana, alkena, dan alkuna berdasarkan aturan IUPAC.
4. Peserta didik diajak untuk berlatih menuliskan nama yang sesuai dari contoh-contoh yang diberikan guru. Contoh soal latihan dapat dicek pada tautan:

[https://quizizz.com/admin/quiz/63638b370ac6ca001e709ff4?source=quiz\\_share](https://quizizz.com/admin/quiz/63638b370ac6ca001e709ff4?source=quiz_share)



5. Peserta didik diajak untuk mengenal hidrokarbon aromatik

#### c. Refleksi Pembelajaran

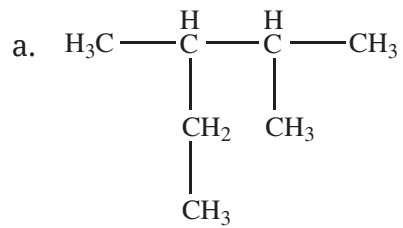
1. Peserta didik diminta untuk menyimpulkan hasil pembelajaran pada pertemuan ini.
2. Peserta didik diajak berdiskusi mengenai materi yang belum dipahami terkait subbab Alkana, Alkena, dan Alkuna.

#### d. Tindak Lanjut Pembelajaran

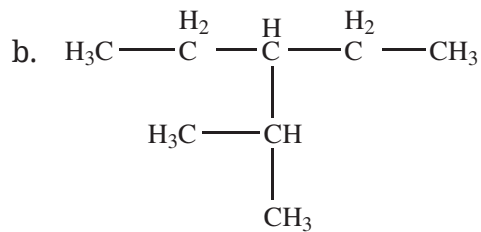
Kepada peserta didik disampaikan rencana pertemuan berikutnya mengenai Sifat dan Isomer hidrokarbon.

**e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C**

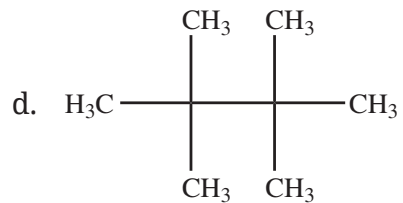
1. Berikut nama senyawa sesuai aturan IUPAC.



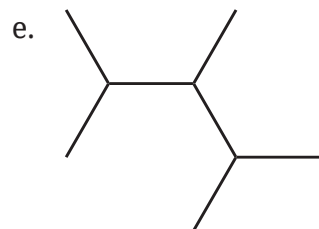
2,3-dimetilpentana



3-etil-2-metilpentana



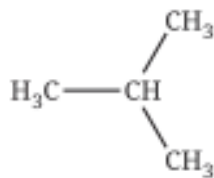
2,2,3,3-tetrametilbutana



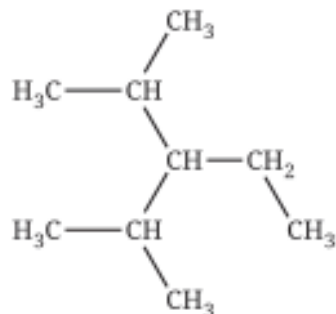
2,3,4-trimetilpentana

2. Berikut struktur yang sesuai untuk nama-nama senyawanya.

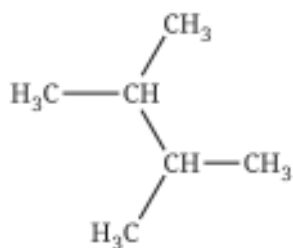
a. 2-metilpropana



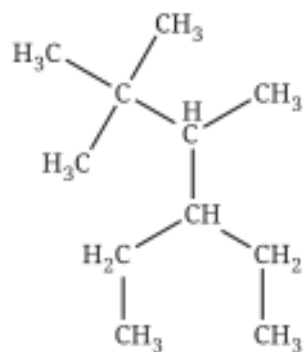
c. 3-etil-2,4-dimetilpentana



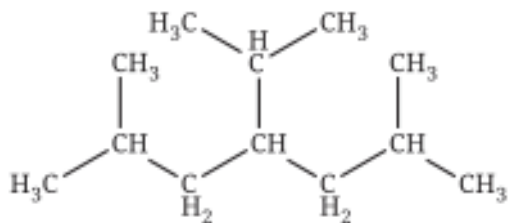
b. 2,3-dimetilbutana



d. 4-etil-2,2,3-trimetilheksana



e. 4-isopropil-2,6-dimetilheptana



3. Berikut ini nama-nama senyawa yang sesuai aturan IUPAC.

a. 3-metilbutana *seharusnya* 2-metilbutana

b. 2-etilbutana *seharusnya* 3-metilpentana

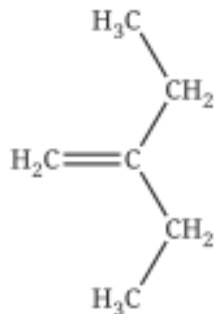
c. 3,4-dimetilpentana *seharusnya* 2,3-dimetilpentana

d. 2-metil-3-etilpentana *seharusnya* 3-etil-2-metilpentana

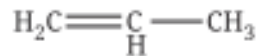
e. 3-isopropilheksana *seharusnya* 3-etil-2-metilheksana



c. 2-etil-1-butena



d. Propilena



e. Metil asetilena



3. Berikut ini nama-nama senyawa yang sesuai aturan IUPAC.
- 2-metil-1-butena *sudah sesuai*
  - 2-metil-3-butuna *seharusnya* 3-metil-1-butena
  - 2,3-dimetil-4-pentuna *seharusnya* 3,4-dimetil-1-pentuna
  - 2-etil-2-butena *seharusnya* 3-metil-2-pentuna
  - 3-etil-4-metil-3-pentena *seharusnya* 3-etil-2-metil-2-pentena

**Subbab: F. Sifat Fisis dan Kimia Hidrokarbon**  
**G. Isomer pada Hidrokarbon**  
**H. Dampak Pembakaran hidrokarbon**

**Alokasi Waktu:**  
1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

**Pertemuan Kelima**      **Sifat, Isomer, dan Dampak Pembakaran Hidrokarbon**

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis hubungan struktur dengan sifat fisis hidrokarbon
- Peserta didik diharapkan mampu menentukan persamaan reaksi yang terjadi pada senyawa hidrokarbon.
- Peserta didik diharapkan mampu memprediksi produk yang dihasilkan dari reaksi hidrokarbon.

- d. Peserta didik diharapkan mampu mengklasifikasikan jenis isomer pada hidrokarbon.
- e. Peserta didik diharapkan mampu menuliskan struktur-struktur isomer senyawa hidrokarbon dari rumus kimianya.
- f. Peserta didik menyimak penjelasan mengenai dampak positif dan negatif dari pembakaran hidrokarbon

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Penulisan struktur senyawa karbon pada subbab A.
- b. Tata nama alkana, alkena, dan alkuna.

## 3. Tahapan Pembelajaran

### a. *Apersepsi*

- 1. Peserta didik diajak untuk mencermati kembali Tabel 3.1 mengenai alkana dan fokus pada titik didih tiap-tiap senyawa.
- 2. Peserta didik diberi pertanyaan mengenai kecenderungan titik didih senyawa-senyawa tersebut.

### b. *Konstruksi Pengetahuan*

- 1. Peserta didik diberi beberapa contoh struktur senyawa berbeda, kemudian mereka diminta menganalisis hubungan antara struktur dengan sifat fisik senyawa hidrokarbon.
- 2. Peserta didik diarahkan untuk membaca jenis-jenis reaksi pada senyawa hidrokarbon.
- 3. Peserta didik diberikan penegasan ciri-ciri yang dapat membantu mereka membedakan masing-masing reaksi.
- 4. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan struktur isomer alkana, alkena, dan alkuna melalui Ayo Berlatih.
- 5. Arahkan peserta didik untuk menyimak penjelasan mengenai dampak positif dan negatif dari pembakaran hidrokarbon

### c. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diminta menyimpulkan hasil pembelajaran pada dua pertemuan ini.
2. Peserta didik diajak berdiskusi mengenai materi yang belum dipahami terkait subbab Sifat dan Isomer Hidrokarbon.
3. Menyampaikan kepada peserta didik rencana pertemuan berikutnya mengenai ulangan harian bab senyawa hidrokarbon.

### d. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab F

1. Berikut jenis reaksi yang tepat untuk masing-masing reaksi.
  - a.  $C_2H_2 + H_2O \longrightarrow C_2H_4O$  = reaksi adisi
  - b.  $C_8H_{18} + 12,5O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 9H_2O$  = reaksi oksidasi/pembakaran
  - c.  $CH_3CH_2CH_2OH \longrightarrow CH_3CH=CH_2 + H_2O$  = reaksi eliminasi
  - d.  $CH_3CH_2OH + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl + H_2O$  = reaksi substitusi
2. Persamaan reaksi yang sesuai untuk pembakaran sempurna:
  - a. metana  
 $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$
  - b. propana  
 $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
  - c. asetilena  
 $C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2 + H_2O$
  - d. heksena  
 $C_6H_{12} + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$
  - e. benzena  
 $C_6H_6 + \frac{9}{2}O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 3H_2O$
3. Produk utama dari reaksi-reaksi:
  - a. 1-butena dengan HCl menghasilkan produk utama 2-klorobutana.
  - b. 1-pentena dengan HBr menggunakan katalis  $H_2O_2$  menghasilkan produk utama 1-bromopentana.



- c. 3-metil-1-butena dengan HCl menghasilkan produk utama 2-kloro-2-metilbutana.

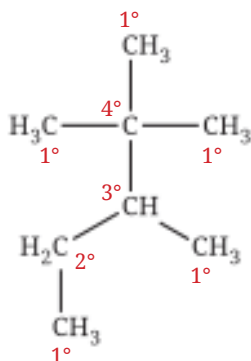
**e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab G**

$\begin{array}{c} \text{H}_2 & & \text{H}_2 \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\ & / & \diagdown & / & \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} & & \text{H}_2 & & \text{CH}_3 \end{array}$	n-pentana
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_2 \end{array}$	2-metilbutana
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2,2-dimetilpropana
$\begin{array}{c} \text{H} \\ // \\ \text{H}_2\text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_2 \end{array}$	1-butena
$\begin{array}{c} \text{H} \\ // \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	2-butena
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H}_2 \\ // & & / \\ \text{H}_2\text{C} = \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} - \text{CH}_3 \\   & &   \\ \text{H}_2 & & \text{H}_2 \end{array}$	1-heksena
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 \\   & &   \\ \text{H}_2\text{C} & & \text{CH}_2 \\   & &   \\ \text{C} & & \text{C} \\   & &   \\ \text{H}_2 & & \text{H}_2 \end{array} \quad \text{atau} \quad \text{Hexagon}$	Sikloheksana

**f. Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman**

**Pilihan Ganda**

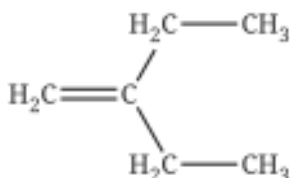
1. Struktur 2,2,3-trimetilpentana adalah:



Jumlah atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuartener berturut-turut adalah 5, 1, 1, dan 1. (Jawab: a)

2. Berikut nama yang tepat dari setiap pilihan jawaban.
- 2-etilbutana seharusnya 3-metilpentana
  - 2-etil-1-butena **sudah sesuai**
  - 2-etilpentana seharusnya 3-metilheksana
  - 2-etil-2-butena seharusnya 3-metil-2-pentena
  - 2-metil-3-butena seharusnya 3-metil-1-butena

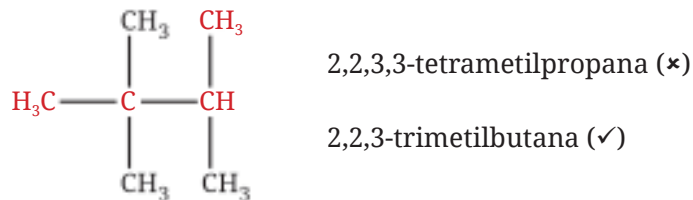
Jadi, tata nama yang sesuai dengan IUPAC adalah 2-etil-1-butena dengan struktur:



(Jawab: b)

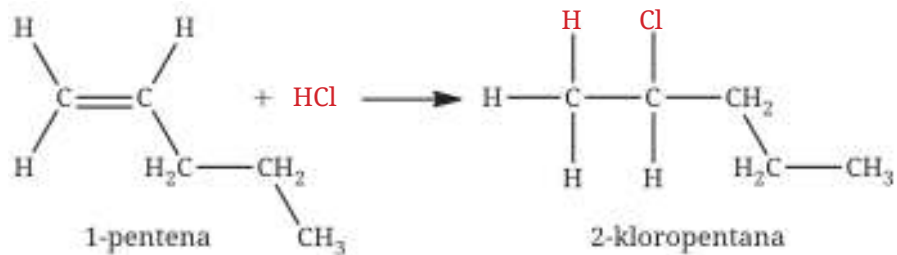
3. Heptana memiliki rumus C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>. Dengan demikian, senyawa yang merupakan isomer heptana harus memiliki total 7 atom C dan 16 atom H. Selain itu, pastikan nama senyawa sesuai dengan aturan IUPAC.

Setiap pilihan pada soal seolah semuanya benar karena memiliki jumlah 7 atom C dan 16 atom H. Akan tetapi, pilihan “a”, yaitu 2,2,3,3-tetrametilpropana merupakan nama yang kurang tepat. Nama yang tepat adalah 2,2,3-trimetilbutana.



(Jawab: a)

4. Reaksi antara HCl dan 1-pentena ditunjukkan sebagai berikut.



(Jawab: a)

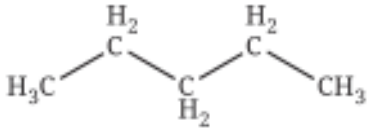
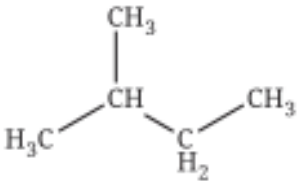
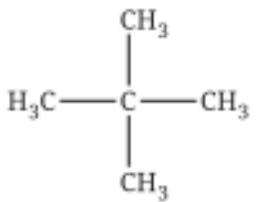
5. Jenis reaksi yang tepat untuk setiap nomor adalah sebagai berikut.

- 1)  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$  (reaksi adisi)
- 2)  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$  (reaksi substitusi)
- 3)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$  (reaksi eliminasi)
- 4)  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (reaksi pembakaran/ oksidasi)

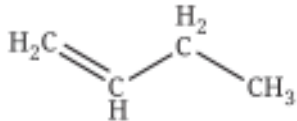
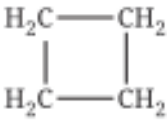
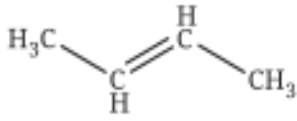
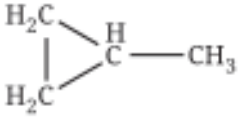
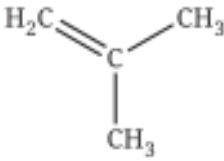
(Jawab: d)

## Uraian

1. Isomer dari  $C_5H_{12}$  adalah sebagai berikut.

	<i>n</i> -pentana
	2-metilbutana
	2,2-dimetilpropana

2. Isomer struktur  $C_4H_8$  terbagi menjadi dua golongan, yaitu alkena dan sikloalkana.

Alkena	Sikloalkana
 <p>1-butena</p>	 <p>siklobutana</p>
 <p>2-butena</p>	 <p>metilsiklopropana</p>
 <p>2-metil-1-propena</p>	

3. Isomer struktur dari  $C_4H_6$  yang merupakan alkuna dan sikloalkena adalah sebagai berikut.

Alkuna	Sikloalkena
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p>1-butuna</p>	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{CH} \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}$ <p>siklobutena</p>
$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ <p>2-butuna</p>	$\begin{array}{c} \text{HC} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ <p>1-metil-1-siklopropena</p>
	$\begin{array}{c} \text{HC} \\   \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{HC} \quad \text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ <p>3-metil-1-siklopropena</p>
	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\   \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ <p>metilidenasiklopropena</p>

### g. Jenis Penilaian yang Dianjurkan

Jenis	Bentuk	Teknik
Pengetahuan	Tes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayo Berlatih</li> <li>Ayo Cek Pemahaman</li> </ul>
Keterampilan	Nontes	Aktivitas 4.3
Sikap	Nontes	Observasi

### h. Alternatif Pembelajaran

Pada bab ini, dapat digunakan pembelajaran *inquiry*, *discovery*, *problem based*, atau *project based learning* untuk membuat model molekul alkana, alkena, dan alkuna yang telah dipelajari. Setiap

subbab dapat disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan di masing-masing sekolah.

### **i. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana**

Pada bab ini, guru dapat menggunakan media-media nyata seperti bahan bakar bensin, arang, gas pada tabung kecil, lilin, dan bahan bakar lain yang mudah didapatkan. Selain itu, apabila di sekolah ada *modymod* akan sangat membantu dalam visualisasi. Media lain yang bisa digunakan antara lain aplikasi Jmol, Avogadro, ChemsKetch, dan Chemdraw, atau aplikasi struktur kimia lain, baik yang gratis maupun berbayar.

### **j. Remedial dan Pengayaan**

#### 1. Remedial

- Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas
- Tahapan pembelajaran remedial dilaksanakan melalui *remedial teaching* (klasikal), tutor sebaya, atau penugasan dan diakhiri dengan tes.
- Tes remedial dilakukan paling banyak tiga kali. Apabila setelah tiga kali tes remedial belum mencapai ketuntasan, maka remedial dilakukan dalam bentuk penugasan tanpa tes tertulis kembali.

#### 2. Pengayaan

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

### k. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali

Bentuk interaksi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laporan tertulis</li><li>• Laporan lisan</li></ul>
Kegiatan yang dilaporkan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aktivitas 4.3 pada buku siswa</li><li>• Ayo cek pemahaman pada buku siswa</li></ul>
Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan	Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap: <ul style="list-style-type: none"><li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li><li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li></ul>

### l. Refleksi Guru

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada bab 4 ini, guru melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang sudah dicapai, maupun bagian yang belum diselesaikan, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

### m. Harapan Kurikulum

1. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami tata nama alkana, alkena, dan alkuna.
2. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami sifat alkana, alkena, dan alkuna.
3. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami reaksi alkana, alkena, dan alkuna.
4. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami isomer alkana, alkena, dan alkuna.
5. Memfasilitasi peserta didik agar memiliki kemampuan dalam memahami dampak pembakaran hidrokarbon.

6. Menanamkan karakter Profil Pelajar Pancasila melalui penanaman rasa cinta tanah air atas kekayaan berbagai jenis hidrokarbon di Indonesia (berkebinekaan global), kerja sama dalam percobaan maupun tugas kelompok (gotong royong), dan mandiri dalam menyelesaikan masalah, serta kreatif.

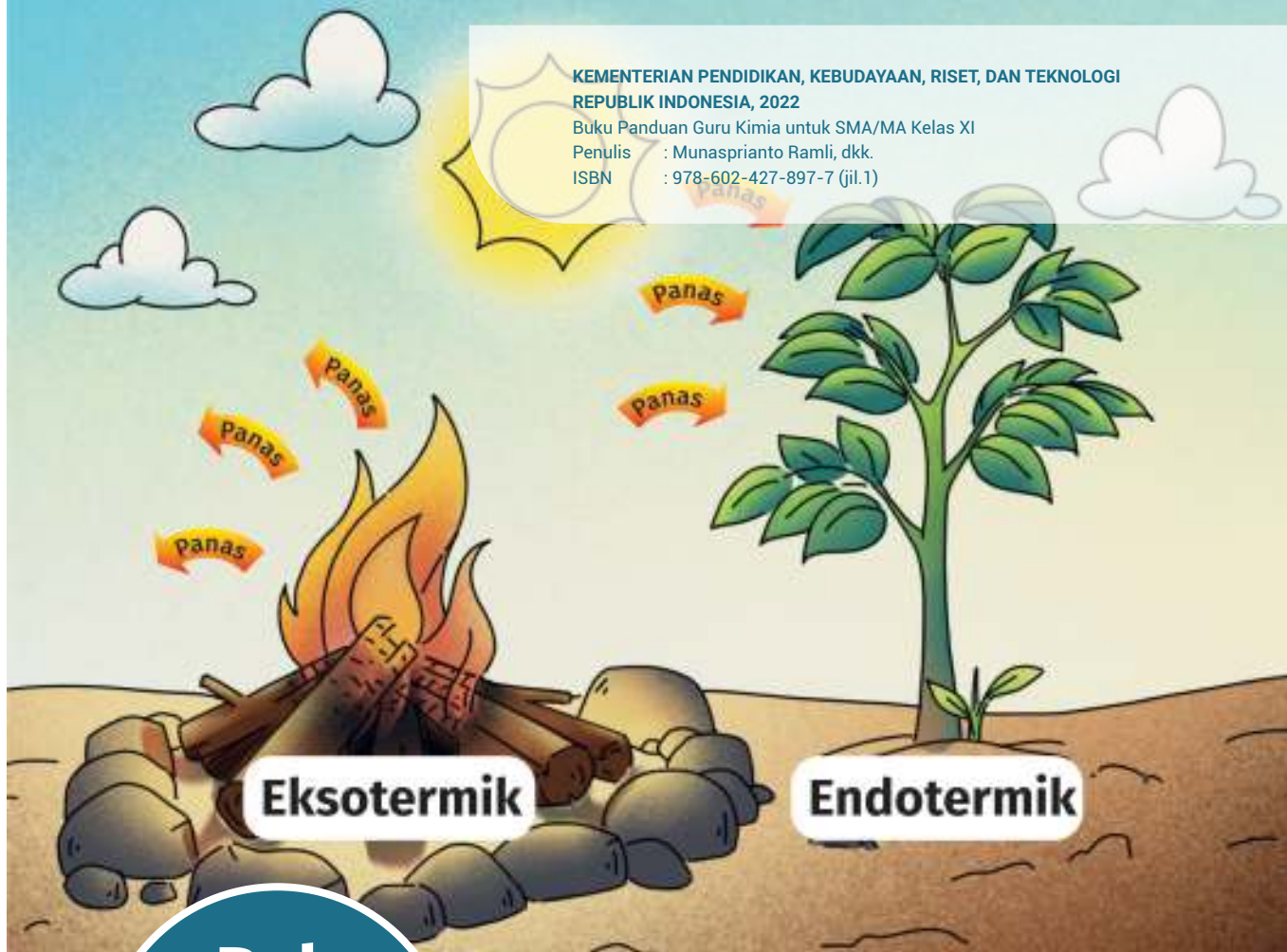


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)



# Bab V

Panduan Khusus:

# Termokimia

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menjelaskan tentang konsep termokimia, jenis-jenis sistem, hubungan antara energi, kalor, dan kerja, pengertian perubahan entalpi, dan jenis-jenis perubahan entalpi serta menentukan harga perubahan entalpi berdasarkan harga energi ikatan, hukum Hess, dan berdasarkan data percobaan kalorimeter. Selain itu, peserta didik mampu melakukan percobaan menggunakan kalorimeter, mampu membuat kalorimeter sederhana, dan memahami penggunaan konsep termokimia dalam kehidupan sehari-hari.

## A. Pendahuluan

Termokimia merupakan bab kelima dari buku Kimia kelas XI. Bab ini membahas beberapa kegunaan ilmu termokimia dalam kehidupan sehari-hari, contohnya penggunaan kalorimeter untuk menentukan jumlah kalori dalam bahan makanan.

Bab ini memiliki pesan di balik isinya, yaitu (1) energi yang menyertai perubahan kimia, (2) jenis-jenis perubahan energi, (3) kalorimeter dan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari, (4) menentukan besarnya kalor yang menyertai reaksi kimia, serta (5) kegunaan termokimia dalam kehidupan sehari-hari. Isi bab diharapkan dapat memberikan pemahaman bahwa termokimia bukan hal yang abstrak.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:


1. Mendeskripsikan hukum kekekalan energi dan menghubungkannya dengan termokimia.
2. Menganalisis hubungan antara sistem dan lingkungan serta mampu menentukan jenis-jenis sistem disertai dengan contohnya.
3. Mendeskripsikan peristiwa eksotermik dan endotermik serta mampu memberikan contohnya.
4. Melakukan percobaan penentuan peristiwa eksotermik dan endotermik.
5. Melakukan percobaan penentuan kalor reaksi dengan menggunakan kalorimeter.
6. Menentukan jenis-jenis perubahan entalpi reaksi.
7. Menentukan nilai perubahan entalpi dengan menggunakan data perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ), hukum Hess, dan data energi ikatan

Kaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya adalah peserta didik telah mengetahui persamaan reaksi kimia, menentukan konsentrasi larutan, dan konsep mol. Setiap tahapan pembelajaran hendaknya guru senantiasa mengingatkan kembali peserta didik mengenai materi kimia yang terkait dengan termokimia.

## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Hukum Kekekalan Energi  
Subbab: B. Sistem dan Lingkungan

Alokasi Waktu:  
1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis jurnal berupa pengolahan dan pemanfaatan limbah sampah sesuai dengan hukum kekekalan energi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hukum kekekalan energi</li> <li>• Termokimia</li> <li>• Perubahan energi</li> </ul>	Buku siswa: bacaan artikel yang ada di halaman pertama setelah sampul bab	<a href="https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/psmtk/article/view/2692/1147">https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/psmtk/article/view/2692/1147</a>
Mengajukan pertanyaan terkait jurnal yang baru dianalisis.			
Menganalisis hukum kekekalan energi serta hubungannya dengan termokimia.			
Menganalisis jenis perubahan energi berdasarkan data yang ditampilkan.			
Menentukan perubahan energi dalam.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem</li> <li>• Lingkungan</li> </ul>	Buku siswa: Aktivitas 5.1	
Berdiskusi mengenai perbedaan sistem dan lingkungan.		Buku siswa: Contoh soal	
Menentukan contoh jenis-jenis sistem dengan mempelajari latihan soal.		Buku Siswa: Tabel 5.1	

### Subbab: C. Eksotermik dan Endotermik

#### Alokasi Waktu:


1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mempelajari eksotermik dan endotermik melalui pemaparan yang ada pada buku siswa.	<ul style="list-style-type: none"><li>Eksotermik</li><li>Endotermik</li><li>Perubahan energi</li></ul>	Buku siswa: subbab C	<a href="https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/LabMaya/Play/a25c50a3-0682-4b6a-9a76-e9b5c5e650d2">https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/LabMaya/Play/a25c50a3-0682-4b6a-9a76-e9b5c5e650d2</a>
Mempelajari eksotermik dan endotermik dengan melakukan percobaan secara berkelompok.		Buku siswa: Aktivitas 4.2	

### Subbab: D. Kalorimetri

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mempelajari penjelasan pada buku siswa untuk memahami penggunaan kalorimeter.	<ul style="list-style-type: none"><li>Kalorimetri</li><li>Kalorimeter</li><li>Kalorimeter bom</li><li>Kalor reaksi</li></ul>	Buku siswa: subbab D	
Menentukan kalor reaksi dengan menggunakan perhitungan matematika berdasarkan data hasil percobaan menggunakan kalorimeter.	<ul style="list-style-type: none"><li>Kapasitas kalor</li><li>Kalor jenis</li></ul>	Buku siswa: Contoh soal	Praktikum virtual menggunakan tautan: <a href="http://billvining.com/mmlib_sims/#gen_5_0">http://billvining.com/mmlib_sims/#gen_5_0</a> 

**Subbab: E. Entalpi (Kalor pada Tekanan Tetap)****Alokasi Waktu:**

2 kali pertemuan, 5 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mempelajari materi pada buku siswa untuk memahami entalpi dan perubahan entalpi.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entalpi</li><li>• Perubahan entalpi</li><li>• eksotermik</li><li>• endotermik</li><li>• Kalor reaksi</li><li>• Kapasitas kalor</li><li>• Kalor jenis</li></ul>	Buku siswa: subbab E	
Mempelajari hubungan antara harga perubahan entalpi dengan reaksi eksotermik dan endotermik.		Buku siswa: Contoh soal	
Melakukan percobaan dengan menggunakan kalorimeter bom untuk menentukan perubahan entalpi.		Buku siswa: Aktivitas 4.4	
Mengerjakan latihan soal untuk lebih memahami cara menentukan perubahan entalpi.		Buku siswa: Ayo berlatih	

**Subbab: F. Persamaan Termokimia****Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mempelajari penjelasan pada buku siswa untuk memahami persamaan termokimia beserta contohnya.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perubahan entalpi</li><li>• eksotermik</li><li>• endotermik</li><li>• Persamaan termokimia</li></ul>	Buku siswa: subbab F	
Menerapkan pemahaman persamaan termokimia dengan menyelesaikan soal-soal latihan.		Buku siswa: Ayo berlatih	

**Subbab: G. Perubahan Entalpi dalam Keadaan Standar****Alokasi Waktu:**

2 kali pertemuan, 5 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis penjelasan pada buku siswa untuk memahami jenis-jenis perubahan entalpi standar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perubahan entalpi</li><li>• Entalpi pembentukan standar</li><li>• Perubahan entalpi pembakaran standar</li><li>• Perubahan entalpi penguraian standar</li></ul>	Buku siswa: subbab G	
Menganalisis pembahasan pada buku siswa untuk memahami perubahan entalpi pembentukan standar.			
Mempelajari contoh soal untuk memahami perubahan entalpi pembentukan standar.			
Menganalisis persamaan matematika pada penjelasan di buku siswa untuk memahami hubungan antara perubahan entalpi pembentukan standar dengan perubahan entalpi reaksi.		Buku siswa: Ayo berlatih	
Mengerjakan latihan soal untuk memahami hubungan antara perubahan entalpi pembentukan standar dan perubahan entalpi reaksi.		Buku siswa: Ayo berlatih	
Menganalisis pemaparan pada buku siswa untuk memahami perubahan entalpi pembakaran standar, perubahan entalpi pelarutan standar, dan perubahan entalpi penguraian standar.			

Subbab: H. Hukum Hess			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis pemaparan dalam buku siswa untuk memahami hukum Hess.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perubahan entalpi</li> <li>• Hukum Hess</li> </ul>	Buku siswa: subbab H	
Mempelajari penjelasan pada buku siswa untuk memahami bahwa hukum Hess dapat dituangkan dalam bentuk diagram siklus.			
Mempelajari pemecahan masalah pada contoh soal untuk memahami hukum Hess.		Buku siswa: Contoh soal	
Memecahkan masalah yang terdapat dalam soal-soal latihan.		Buku siswa: Ayo berlatih	

Subbab: I. Energi Ikatan Rata-Rata			
Alokasi Waktu: 1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran			
Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mempelajari penjelasan pada buku siswa untuk memahami energi ikatan rata-rata.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perubahan entalpi</li> <li>• Energi ikatan rata-rata</li> <li>• Persamaan termokimia</li> </ul>	Buku siswa: subbab I	
Mempelajari contoh soal untuk memahami hubungan antara harga energi ikatan rata-rata dengan perubahan entalpi reaksi.		Buku siswa: Contoh soal	
Mengerjakan latihan soal untuk memahami hubungan antara energi ikatan rata-rata dengan perubahan entalpi reaksi.		Buku siswa: Ayo berlatih	

## C. Panduan Pembelajaran

Subbab A: Hukum Kekekalan Energi  
Subbab B: Sistem dan Lingkungan

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

**Pertemuan Pertama:** Hukum Kekekalan Energi  
Sistem dan Lingkungan

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan hukum kekekalan energi dan menghubungkannya dengan termokimia. Peserta didik diharapkan mampu menganalisis hubungan antara sistem dan lingkungan serta mampu menentukan jenis-jenis sistem disertai dengan contohnya.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami materi Bab 4 mengenai hidrokarbon dengan baik.
- Pada Bab 5 ini peserta didik perlu diberi penguatan berupa penekanan kembali materi terkait penulisan persamaan reaksi kimia agar dapat membedakannya dengan persamaan termokimia.
- Peserta didik cenderung miskonsepsi bahwa dalam perhitungan, sering kali peserta didik menganggap bahwa nilai  $\Delta T$  dalam Kelvin sama dengan  $\Delta T$  dalam derajat Celsius ditambah 273.
- Peserta didik perlu diingatkan bahwa termokimia mempelajari perubahan kalor yang menyertai perubahan zat, baik perubahan fisika maupun perubahan kimia.
- Peserta didik perlu memahami bahwa perubahan energi sering mereka temui dalam kehidupan sehari-hari, seperti penggunaan baterai dalam mainan dan proses pembakaran gas yang dapat menggerakkan balon udara.



### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mencermati gambar pada sampul bab.
2. Tanyakan kepada peserta didik:
  - a. Apakah yang timbul dalam benak kalian setelah mencermati gambar pada sampul bab 5?
  - b. Apakah ada manfaat perubahan energi dalam kehidupan sehari-hari?
3. Peserta didik diarahkan bahwa termokimia merupakan materi yang dekat dalam kehidupan sehari-hari.
4. Peserta didik diingatkan kembali bahwa ketika mereka mempelajari jenis-jenis perubahan zat (perubahan kimia dan fisika) di kelas X, ada energi yang diserap atau dilepaskan pada proses perubahan zat tersebut. Contoh, ketika kita menyimpan es batu di udara terbuka maka es akan mencair karena adanya penyerapan energi dari udara ke es batu.
5. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali materi di kelas X tentang pengukuran, terutama pengukuran kalor.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca dan menyimak artikel di halaman awal bab hingga tuntas, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
2. Jika belum mengerti, peserta didik diminta membaca artikel itu beberapa kali.
3. Peserta didik diarahkan untuk mengembangkan rasa ingin tahu dengan cara:
  - a. Memunculkan pertanyaan baru, memberi respons berupa pertanyaan terkait artikel yang sudah dibaca.
  - b. Menyampaikan informasi atau membaca berita yang mirip seperti yang ditulis pada artikel tersebut atau pernah melihat langsung kejadian yang mirip.

4. Peserta didik diajak untuk mengerjakan dan menyimpulkan hasil analisis pada kegiatan Aktivitas 5.1.
5. Peserta didik diarahkan untuk mengomunikasikan hasil analisis pada kegiatan Aktivitas 5.1
6. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis hubungan antara perubahan energi dalam, kalor, dan kerja dengan mempelajari contoh soal.
7. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis kegiatan yang terdapat pada awal subbab B sehingga mereka dapat menyimpulkan pengertian sistem dan lingkungan.
8. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis pengertian jenis-jenis sistem sehingga mereka mampu menjelaskan contoh dari jenis-jenis sistem dalam Aktivitas 5.2.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk mengingat atau mengamati lingkungan mereka dan ditanyakan contoh lain dari jenis-jenis sistem.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang subbab Hukum Kekekalan Energi serta subbab Sistem dan Lingkungan.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.
3. Peserta didik ditekankan manfaat mempelajari subbab ini.

### **e. Tindak lanjut pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman terhadap hukum kekekalan energi, termokimia, serta sistem dan lingkungan merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab selanjutnya.

## Subbab C: Eksotermik dan Endotermik

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

## Pertemuan Kedua: Eksotermik dan Endotermik

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan reaksi eksotermik dan endotermik serta mampu memberikan contoh reaksi eksotermik dan endotermik.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami jenis-jenis sistem.
- Peserta didik perlu memahami bahwa perubahan energi menyebabkan adanya energi yang ditangkap dan dilepaskan.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

Melalui tanya jawab, peserta didik diingatkan kembali mengenai perubahan energi yang menyertai perubahan zat dalam kehidupan sehari-hari yang telah dibahas pada pertemuan sebelumnya.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

- Melalui tanya jawab, peserta didik diingatkan kembali mengenai beberapa perubahan zat yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, misalnya mengapa es batu mencair ketika diletakkan di telapak tangan dan tangan merasakan dingin. Contoh pertanyaan lainnya, apa yang mereka rasakan ketika berada di sekitar api unggun.
- Peserta didik diarahkan untuk melakukan percobaan pada Aktivitas 5.3.

3. Peserta didik diarahkan untuk berdiskusi mengenai konsep eksotermik dan endotermik berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan.
4. Peserta didik diarahkan untuk mengomunikasikan hasil dari percobaan yang telah mereka lakukan pada Aktivitas 5.3 dengan mengaitkan materi eksotermik dan endotermik.

### c. **Aktivitas 5.3**

Kegiatan Aktivitas 5.3 merupakan proses pembuktian mengenai reaksi eksotermik dan endotermik. Peserta didik diharapkan mampu menyimpulkan sendiri dari dua percobaan yang dilakukan, mana yang merupakan reaksi endotermik dan eksotermik.

### d. **Aplikasi Konsep**

Peserta didik ditanyakan mengenai contoh-contoh reaksi eksotermik dan endotermik yang mereka ketahui dalam kehidupan sehari-hari.

### e. **Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk merefleksikan hal-hal yang sudah mereka pahami dan yang belum dipahami.
2. Peserta didik diarahkan untuk mencoba praktikum virtual pada tautan berikut.

[https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/  
LabMaya/Play/a25c50a3-0682-4b6a-9a76-  
e9b5c5e650d2](https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/LabMaya/Play/a25c50a3-0682-4b6a-9a76-e9b5c5e650d2)



## Subbab D: Kalorimetri

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

### Pertemuan Ketiga: Kalorimetri

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu memahami cara kerja kalorimeter melalui percobaan virtual.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis harga kalor berdasarkan data hasil percobaan.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik mampu menjelaskan konsep reaksi eksotermik dan endotermik.
- Peserta didik mampu menjelaskan jenis-jenis sistem.

#### 3. Tahapan Pembelajaran

##### a. Apersepsi

- Peserta didik diarahkan untuk mengingat kembali materi reaksi eksotermik dan endotermik.
- Peserta didik diajak untuk mengingat kembali sistem terisolasi.
- Peserta didik diajak untuk memerhatikan animasi cara kerja kalorimeter di tautan berikut.

*<http://amrita.olabs.edu>*

*[in/?sub=73&brch=8&sim=145&cnt=706](http://amrita.olabs.edu/in/?sub=73&brch=8&sim=145&cnt=706)*



### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan cara kerja kalorimeter dari animasi yang ditampilkan.
2. Peserta didik diajak untuk menganalisis penentuan harga kalor reaksi dengan menggunakan perhitungan data hasil percobaan.
3. Peserta didik diarahkan untuk menyimak pembahasan pada contoh soal.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk membaca jurnal hasil penelitian mengenai penggunaan kalorimeter dalam penentuan jumlah kalori pada suatu makanan dengan tautan berikut.

*[http://eprints.undip.ac.id/27425/1/RENI\\_DAMAYANTI\\_renidamayanti97%40yahoo.co.id.pdf](http://eprints.undip.ac.id/27425/1/RENI_DAMAYANTI_renidamayanti97%40yahoo.co.id.pdf)*



### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang kalorimetri.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

## Subbab: E. Entalpi dan Perubahan Entalpi

### Alokasi Waktu:

2 kali pertemuan, 5 jam pelajaran

### Pertemuan Keempat: Entalpi dan Perubahan Entalpi (3 jam pelajaran)

#### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menerapkan penggunaan kalorimeter dalam menentukan perubahan entalpi.

#### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

Peserta didik mampu menghitung harga kalor melalui data percobaan.

#### 3. Tahapan Pembelajaran

##### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik ditanya mengenai hasil penelaahan mereka tentang jurnal penelitian penggunaan kalorimeter untuk menentukan jumlah kalori pada suatu bahan makanan.
2. Peserta didik diarahkan untuk menanyakan bagaimana cara menghitung kalor suatu reaksi menggunakan kalorimeter.

##### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali kegunaan kalorimeter dalam menentukan kalor reaksi.
2. Peserta didik diarahkan untuk memahami bahwa kalorimeter digunakan untuk mengukur kalor pada tekanan tetap.
3. Peserta didik diajak untuk memahami bahwa kalor yang diukur pada tekanan tetap disebut dengan perubahan entalpi ( $\Delta H$ ).
4. Peserta didik diarahkan bahwa perubahan entalpi merupakan pengurangan entalpi akhir oleh entalpi awal.
5. Peserta didik diajak untuk menyelesaikan latihan soal.

### c. *Aplikasi Konsep*

Peserta didik diarahkan untuk mempelajari contoh soal yang terdapat dalam subbab E.

### d. *Refleksi Pembelajaran*

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang entalpi dan perubahan entalpi.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

**Pertemuan Kelima:**

**Entalpi dan Perubahan Entalpi**  
(2 jam pelajaran)

## 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu melakukan percobaan menggunakan kalorimeter untuk menentukan perubahan entalpi.

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

Peserta didik telah mengetahui cara menentukan kalor melalui data percobaan kalorimeter.

## 3. Tahapan Pembelajaran

### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik ditanyakan mengenai pemahaman mereka tentang cara kerja kalorimeter.
2. Peserta didik diarahkan untuk menanyakan bagaimana menghubungkan antara penggunaan kalorimeter dengan perhitungan perubahan entalpi.



**b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali kegunaan kalorimeter dalam menentukan kalor reaksi.
2. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan menggunakan kalorimeter.

**c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diarahkan untuk menganalisis perubahan entlapi berdasarkan hasil percobaan kalorimeter.

**d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang kalorimeter.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

**e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab E**

1. Diketahui : Massa asam benzoat = 500 mg  
 $\Delta T = 22,87^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 2,87^{\circ}\text{C}$   
 $C \text{ kalorimeter} = 420 \text{ J}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$

Ditanyakan :  $q = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned} q &= C \cdot \Delta T \\ &= 420 \text{ J}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1} \times 2,87^{\circ}\text{C} \\ &= 1.205,4 \text{ J} = 1,2054 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Diketahui : Massa campuran = 150 g + 150 g = 300 g  
 $n \text{ KOH} = n \text{ HCl} = 150 \text{ ml} \times 0,01 \text{ M}$   
 $= 1,5 \text{ mmol}$   
 $= 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$\Delta T = 3,2^{\circ}\text{C}$$

$$c = 4,2 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\rho = 1 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$$

Ditanyakan :  $\Delta H^\circ = \dots?$

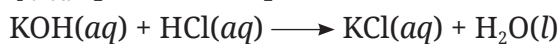
Jawab:

$$\begin{aligned}q_{\text{larutan}} &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 300 \text{ g} \times 4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 3,2^\circ\text{C} \\ &= 4.032 \text{ J} = 4,032 \text{ kJ}\end{aligned}$$

(kalor untuk menetralkan  $1,5 \times 10^{-3}$  mol KOH oleh HCl)

Kalor yang diterima oleh kalorimeter berasal kalor yang dilepaskan pada reaksi penetralan.

$q_{\text{larutan}}$  pada reaksi penetralan:



$$q = \frac{1}{0,0015} \times 4,032 \text{ kJ} = 2.688 \text{ kJ}$$

Karena reaksi terjadi pada tekanan tetap maka:

$$\Delta H = -q = -2.688 \text{ kJ}$$

3. Diketahui : Massa  $\text{NaNO}_3 = 1,7 \text{ g}$

$$M_r \text{ NaNO}_3 = 85$$

$$\text{Massa air} = 100 \text{ g}$$

$$c = 4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$C = 11,7 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = -1,56^\circ\text{C} \text{ (negatif karena penurunan suhu)}$$

Ditanyakan :  $\Delta H = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned}q_{\text{reaksi}} &= -(q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}}) \\ &= -(m \cdot c \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T) \\ &= -(101,7 \text{ g} \times 4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times (-1,56^\circ\text{C}) + 11,7 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times (-1,56^\circ\text{C})) \\ &= -(-666,3384 \text{ J} - 18,252 \text{ J}) \\ &= 684,5904 \text{ J} \\ \Delta H^\circ &= \frac{684,5904 \text{ J}}{\frac{1,7 \text{ g}}{85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 34.229,52 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 34,22952 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

## Subbab F: Persamaan Termokimia

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

## Pertemuan Keenam: Persamaan Termokimia

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan persamaan termokimia.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

Peserta didik telah memahami kalor tiap mol zat yang bereaksi.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk mengingat kembali tentang penentuan harga perubahan entalpi berdasarkan percobaan kalorimeter.
2. Peserta didik diarahkan untuk menjawab pertanyaan mengenai pengertian dan contoh reaksi eksotermik dan reaksi endotermik.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

Peserta didik diarahkan untuk menganalisis beberapa contoh persamaan termokimia agar mereka lebih paham hubungan antara harga perubahan entalpi reaksi dengan mol zat.

#### c. *Aplikasi Konsep*

Peserta didik diajak untuk menguji pemahamannya melalui Ayo Berlatih pada subbab persamaan termokimia.

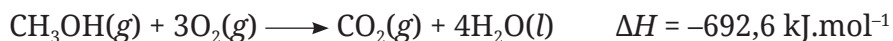
#### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang persamaan termokimia.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

#### e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab F

1.  $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
Arti dari persamaan termokimia di atas adalah:
  - a. Setiap pembakaran 1 mol karbon akan dilepaskan kalor sebesar 393,5 kJ.
  - b. Setiap pembentukan 1 mol gas karbon dioksida dari unsur-unsurnya, dilepaskan kalor sebesar 393,5 kJ.

2. Persamaan termokimia dari pembakaran sempurna 1 mol metanol ( $CH_3OH$ ) menjadi gas  $CO_2$  dan uap air dilepaskan kalor sebesar 692,6 kJ, yaitu:



3. Diketahui :  $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g) \quad \Delta H_1 = -114,14 \text{ kJ}$   
 $n_1 = 2 \text{ mol}$   
Massa NO = 1,5 gram  
 $M_r \text{ NO} = 30$

Ditanyakan :  $q = \dots?$

Jawab:

$$n_2 = \frac{\text{massa NO}}{\text{massa molar NO}} = \frac{1,5 \text{ g}}{30 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\Delta H_2 = \frac{0,05}{2} \times (-114,14 \text{ kJ}) = -2,8535 \text{ kJ}$$

4. Diketahui :  $CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -283,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
Massa  $CO_2 = 1,1 \text{ gram}$   
 $M_r \text{ CO}_2 = 44$

Ditanyakan :  $q$  reaksi  $\text{CO}_2$  menjadi  $\text{CO}$  dan  $\text{O}_2 = \dots?$

Jawab:

$$n_2 = \frac{\text{massa CO}_2}{\text{massa molar CO}_2} = \frac{1,1 \text{ g}}{44 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,025 \text{ mol}$$

$$\Delta H_2 = \frac{0,025}{2} \times 283,0 \text{ kJ.mol}^{-1} = 7,075 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

## Subbab G: Perubahan Entalpi dalam Keadaan Standar

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Ketujuh: Perubahan Entalpi dalam Keadaan Standar

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan beberapa perubahan entalpi dalam keadaan standar.
- Peserta didik diharapkan mampu memprediksi perubahan entalpi reaksi ( $\Delta H$ ) berdasarkan perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ).

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami perubahan entalpi reaksi.
- Peserta didik telah memahami persamaan termokimia.
- Peserta didik telah memahami penentuan perubahan entalpi berdasarkan data percobaan.
- Adanya kecenderungan miskonsepsi peserta didik yang menganggap perubahan entalpi sama dengan perubahan entalpi standar sehingga tidak menghiraukan simbolnya. Oleh karena itu, perlu ditekankan lagi perbedaan antara perubahan entalpi dengan perubahan entalpi standar.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

Mengajukan pertanyaan kepada peserta didik mengenai persamaan termokimia.

#### b. *Kontruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diajak untuk mendeskripsikan perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ).
2. Peserta didik diarahkan untuk lebih memahami perubahan entalpi pembentukan standar dengan mempelajari contoh soal.
3. Peserta didik diarahkan untuk lebih memahami perubahan entalpi pembentukan standar dengan mengerjakan Ayo Berlatih.
4. Peserta didik diberikan contoh reaksi berupa data  $\Delta H_f^\circ$  dan menghitung  $\Delta H$  reaksi tersebut. Peserta didik diarahkan untuk memahami bahwa perubahan entalpi pembentukan standar dapat digunakan untuk menentukan perubahan entalpi reaksi.
5. Peserta didik mengerjakan Ayo Berlatih untuk lebih memahami hubungan antara  $\Delta H_f^\circ$  dengan  $\Delta H^\circ$  reaksi.
6. Peserta didik diajak untuk mendeskripsikan perubahan entalpi penguraian standar ( $\Delta H_d^\circ$ ).
7. Peserta didik diajak untuk mendeskripsikan perubahan entalpi pembakaran standar ( $\Delta H_c^\circ$ ).
8. Peserta didik diajak untuk mendeskripsikan perubahan entalpi pelarutan standar ( $\Delta H_s^\circ$ ).

#### c. *Refleksi Pembelajaran*

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang perubahan entalpi dalam keadaan standar.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

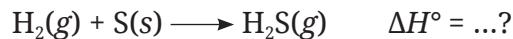
**d. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab G (1)**

1. a.  $\Delta H_f^\circ \text{HNO}_2(g) = -79,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $\frac{1}{2} \text{H}_2(g) + \frac{1}{2} \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{HNO}_2(g) \quad \Delta H^\circ = -79,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- b.  $\Delta H_f^\circ \text{HCl}(g) = -92,31 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $\frac{1}{2} \text{H}_2(g) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(g) \longrightarrow \text{HCl}(g) \quad \Delta H^\circ = -92,31 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- c.  $\Delta H_f^\circ \text{CaCO}_3(s) = -1.206,92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $\text{Ca}(s) + \text{C}(s) + \frac{3}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CaCO}_3(s) \quad \Delta H^\circ = -1.206,92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
2. Pada pembentukan 1 mol gas propana dari unsur-unsurnya dilepaskan kalor sebesar  $103,85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Persamaan termokimianya adalah:  
 $3\text{C}(s) + 4\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g) \quad \Delta H^\circ = -103,85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

3. Diketahui : Massa gas  $\text{H}_2\text{S} = 170 \text{ g}$   
Kalor yang dilepaskan =  $101 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
Ditanyakan :  $q$  pembentukan  $\text{H}_2\text{S}$  standar dari unsur-unsurnya = ...?

Jawab:

$$n_1 = \frac{\text{massa H}_2\text{S}}{\text{massa molar H}_2\text{S}} = \frac{170 \text{ g}}{34 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$



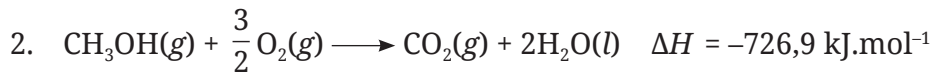
$$q = \frac{1}{5} \times 101 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = 20,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

**e. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab G (2)**

1. Diketahui :  $\Delta H_f^\circ \text{CH}_4 = -74,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = -393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -241,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
Ditanyakan :  $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H^\circ = \dots?$   
Jawab:  
 $\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 2 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - [\Delta H_f^\circ \text{CH}_4 + 2 \times \Delta H_f^\circ \text{O}_2]$

$$= [-393,5 \text{ kJ.mol}^{-1} + (-241,8 \text{ kJ.mol}^{-1})] - [-74,8 \text{ kJ.mol}^{-1} + 0]$$

$$= -560,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$$



Diketahui :  $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = -393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -241,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Ditanyakan :  $\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} = \dots?$

Jawab:

$$\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 2 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}$$

$$-726,9 \text{ kJ.mol}^{-1} = [-393,5 \text{ kJ.mol}^{-1} + 2 \times (-241,8 \text{ kJ.mol}^{-1})] - \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} = -877,1 \text{ kJ.mol}^{-1} + 726,9 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$= -150,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

3. Diketahui :  $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = -393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$

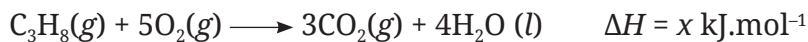
$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -241,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8 = -104 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$M_r \text{C}_3\text{H}_8 = 44$$

Ditanyakan :  $\Delta H$  pembakaran 1,1 gram propana = ...?

Jawab:



$$x = [3 \times \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 4 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - \Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8$$

$$= 3(-393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}) + 4(-241,8 \text{ kJ.mol}^{-1}) - (-104 \text{ kJ.mol}^{-1})$$

$$= -1.180,5 \text{ kJ.mol}^{-1} + (-967,2 \text{ kJ.mol}^{-1}) + 104 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$= 2.043,7 \text{ kJ.mol}^{-1}$$



## Subbab H: Hukum Hess

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

## Pertemuan Kedelapan: Hukum Hess

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan Hukum Hess.
- Peserta didik diharapkan mampu memprediksi perubahan entalpi reaksi ( $\Delta H$ ) berdasarkan hukum Hess.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis penggunaan hukum Hess pada diagram siklus.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi:

- Peserta didik telah memahami perubahan entalpi reaksi.
- Peserta didik telah memahami persamaan termokimia.
- Peserta didik telah memahami penentuan perubahan entalpi berdasarkan harga entalpi pembentukan standar.
- Peserta didik sering kali mengalami kesulitan dalam memanipulasi persamaan termokimia yang diketahui (tidak tahu harus dibalik atau tidak, harus dikalikan suatu bilangan atau tidak, dan sebagainya). Jadi, peserta didik harus diingatkan kembali mengenai manipulasi persamaan termokimia ditentukan oleh persamaan target yang ingin dicari  $\Delta H$ -nya.

### 3. Tahapan Pembelajaran:

#### a. *Apersepsi*

Mengajukan pertanyaan kepada peserta didik mengenai penentuan harga perubahan entalpi reaksi menggunakan data perubahan entalpi pembentukan standar.

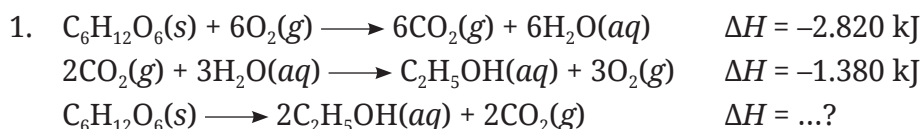
### b. Kontruksi pengetahuan

1. Peserta didik menyimpulkan mengenai deskripsi hukum Hess, setelah diberikan hubungan beberapa persamaan termokimia.
2. Peserta didik diarahkan untuk lebih memahami hukum Hess dengan mempelajari contoh soal.
3. Peserta didik diajak untuk memahami bahwa hukum Hess dapat digunakan pada diagram siklus. Peserta didik diarahkan untuk lebih memahami bahwa hukum Hess dapat digunakan pada diagram siklus persamaan termokimia dengan mempelajari contoh soal.
4. Peserta didik diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih.

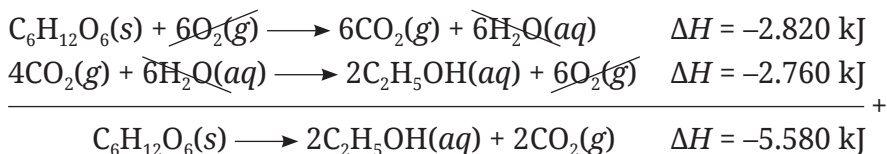
### c. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang hukum Hess.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

### d. Kunci Jawaban Ayo Berlatih

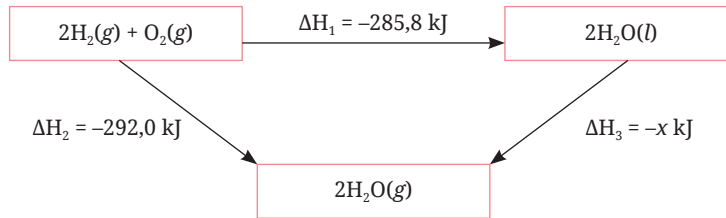


Pembahasan:



**Catatan:** reaksi 1 tetap karena posisi dan koefisien  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  pada reaksi akhir dan reaksi awal sama, sementara reaksi 2 dikali 2 karena posisi  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  pada reaksi 2 sudah sama dengan reaksi akhir, hanya koefisiennya yang berbeda.

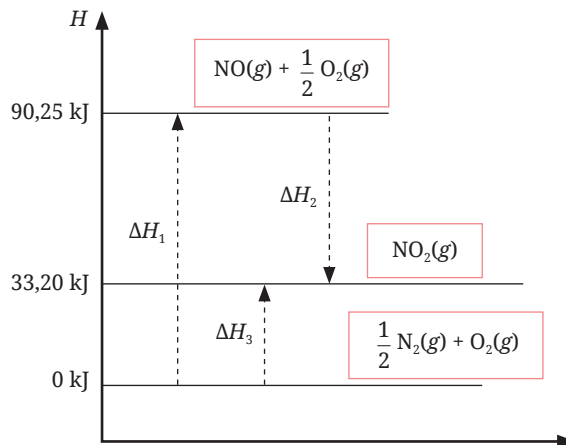
2. Diketahui diagram siklus dari perubahan wujud air berikut.



Maka, perubahan entalpi yang menyertai perubahan wujud air dari cair menjadi gas adalah

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= \Delta H_1 + \Delta H_3 \\ -292,0 \text{ kJ} &= -285,8 \text{ kJ} + \Delta H_3 \\ \Delta H_3 &= -292,0 \text{ kJ} + 285,8 \text{ kJ} = -6,2 \text{ kJ}\end{aligned}$$

3. Diketahui tingkat energi reaksi pembentukan gas  $\text{NO}_2$  berikut.



Maka, nilai  $\Delta H_2$  ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta H_3 &= \Delta H_1 + \Delta H_2 \\ \Delta H_2 &= \Delta H_3 - \Delta H_1 \\ \Delta H_2 &= (33,20 - 90,25) \text{ kJ} = -57,05 \text{ kJ}\end{aligned}$$

## Subbab I: Energi Ikatan

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Kesembilan: Energi Ikatan

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan energi ikatan.
- Peserta didik diharapkan mampu memperkirakan perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) berdasarkan data energi ikatan.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami perubahan entalpi reaksi.
- Peserta didik telah memahami persamaan termokimia.
- Peserta didik telah memahami penentuan perubahan entalpi reaksi berdasarkan harga entalpi pembentukan standar.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Mengajukan pertanyaan kepada peserta didik mengenai penentuan harga perubahan entalpi reaksi menggunakan data perubahan entalpi pembentukan standar.
- Mengajak peserta didik untuk mengingat kembali materi kelas X mengenai ikatan kovalen.

#### b. *Kontruksi pengetahuan*

- Peserta didik diajak untuk mendeskripsikan energi ikatan rata-rata.
- Peserta didik diarahkan untuk memahami bahwa reaksi kimia merupakan proses penyusunan ulang dari suatu zat (reaktan) menjadi zat lain (produk). Pada proses penyusunan ulang

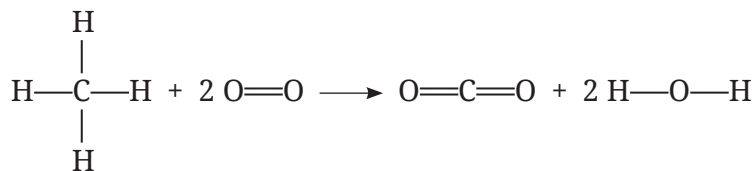
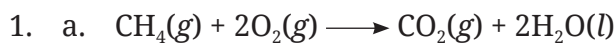
tersebut terjadi peristiwa pemutusan ikatan (pada reaktan) dan pembentukan ikatan (pada produk)

3. Peserta didik diajak untuk memahami bahwa perubahan entalpi reaksi dapat ditentukan melalui harga energi ikatan rata-rata.
4. Peserta didik diarahkan untuk mempelajari contoh soal.
5. Peserta didik diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih.

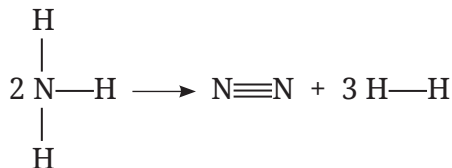
### c. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang telah dipelajari dan apa saja yang belum dipahami tentang energi ikatan.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini.

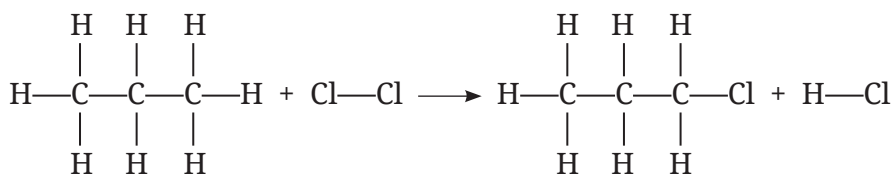
### d. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab I



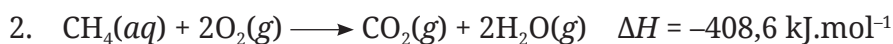
$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}} &= \sum \text{energi ikatan terputus} - \sum \text{energi ikatan terbentuk} \\ &= [4(\text{C}-\text{H}) + 2(\text{O}=\text{O})] - [2(\text{C}=\text{O}) + 4(\text{O}-\text{H})] \\ &= [4(414 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) + 2(498,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1})] - [(2(745 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) \\ &\quad + 4(393 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}))] \\ &= (1.656 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 997,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - (1.490 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &\quad + 1.572 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) \\ &= 2.653,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 3.062 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= -408,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}} &= 6(\text{N}-\text{H}) - [(\text{N}\equiv\text{N}) + 3(\text{H}-\text{H})] \\ &= 6(460 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - [914,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 3(436,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1})] \\ &= 2.760 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 2.223,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= 536,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}} &= [8(\text{C}-\text{H}) + 2(\text{C}-\text{C}) + (\text{Cl}-\text{Cl})] - [7(\text{C}-\text{H}) \\ &\quad + 2(\text{C}-\text{C}) + (\text{C}-\text{Cl}) + (\text{H}-\text{Cl})] \\ &= (414 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 242,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) - (238 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &\quad + 431,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) \\ &= 656,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 669,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= -13,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$



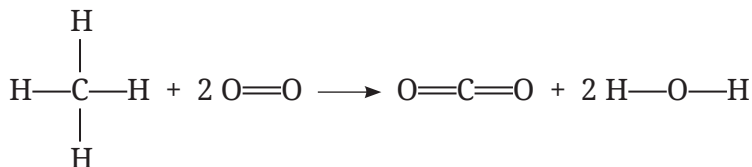
Diketahui : energi ikatan  $\text{O}=\text{O} = 498,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\text{C}=\text{O} = 745 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\text{H}-\text{O} = 393 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Ditanyakan : energi ikatan rata-rata  $\text{C}-\text{H} = \dots?$

Jawab:



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}} &= [4(\text{C—H}) + 2(\text{O=O})] - [2(\text{C=O}) + 4(\text{O—H})] \\ -408,6 \text{ kJ.mol}^{-1} &= [4(\text{C—H}) + 2(498,7 \text{ kJ.mol}^{-1})] - [2(745 \text{ kJ.mol}^{-1}) \\ &\quad + 4(393 \text{ kJ.mol}^{-1})] \\ -408,6 \text{ kJ.mol}^{-1} &= [4(\text{C—H}) + 997,4 \text{ kJ.mol}^{-1}] - (1.490 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ &\quad + 1.572 \text{ kJ.mol}^{-1}) \\ -408,6 \text{ kJ.mol}^{-1} &= [4(\text{C—H}) + 997,4 \text{ kJ.mol}^{-1}] - 3.062 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ 4(\text{C—H}) &= 1.656 \text{ kJ.mol}^{-1} \\ \text{C—H} &= 414 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

### e. *Pengayaan*

Peserta didik diajak untuk membuat kalorimeter sederhana dari bahan yang ada di sekitar.

### f. *Ayo Refleksi*

Pada bagian ini peserta didik diarahkan untuk mengisi pertanyaan terbuka. Guru mengarahkan agar peserta didik menjawab dengan jujur. Jika masih ada peserta didik yang belum paham maka guru menyediakan waktu untuk melakukan pembelajaran tambahan.

### g. *Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman*

#### *Pilihan Ganda*

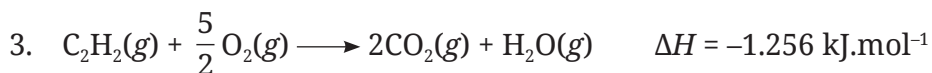
1. Diketahui data percobaan berikut.

Percobaan	Reaktan	Suhu awal (°C)	Suhu akhir (°C)
1	Mg + HCl	25	32
2	NH <sub>4</sub> Cl + Ba(OH) <sub>2</sub>	27	20
3	HCl + CaCO <sub>3</sub>	27	35
4	Asam sitrat + H <sub>2</sub> O	26	18
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + NaOH	27	22

Ciri dari reaksi eksotermik adalah adanya kenaikan suhu, maka percobaan yang menghasilkan reaksi eksotermik adalah percobaan nomor 1 dan 3. (Jawab: a)

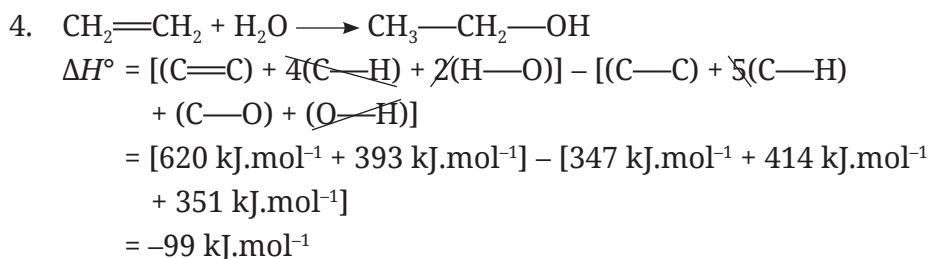
2. a.  $\text{LiOH}(aq) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$   $\Delta H = +x \text{ kJ}$   
(reaksi ionisasi/penguraian ion)
- b.  $\text{CaCO}_3(s) \longrightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$   $\Delta H = +a \text{ kJ}$   
(reaksi penguraian senyawa)
- c.  $\text{Ca}(s) + \text{C}(s) + \frac{3}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CaCO}_3(s)$   $\Delta H = -y \text{ kJ}$   
(reaksi pembentukan standar)
- d.  $\text{NaNO}_3(s) \longrightarrow \text{Na}(s) + \frac{1}{2} \text{N}_2(g) + \frac{3}{2} \text{O}_2(g)$   $\Delta H = -z \text{ kJ}$   
(reaksi penguraian standar)
- e.  $\text{NaNO}_3(aq) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq)$   $\Delta H = +b \text{ kJ}$   
(reaksi ionisasi/penguraian ion)

(Jawab: d)



$$\begin{aligned} \Delta H &= (2 \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_2 + \Delta H_f^\circ \text{O}_2) \\ -1.256 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} &= [2(-393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) + (-242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1})] - \Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_2 \\ \Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_2 &= -1.029 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 1.256 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= -227 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

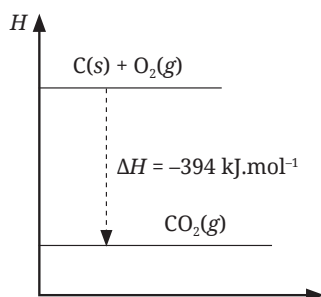
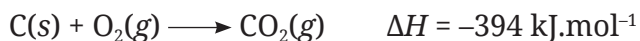
(Jawab: e)



(Jawab: d)



5. Diagram tingkat energi untuk reaksi:



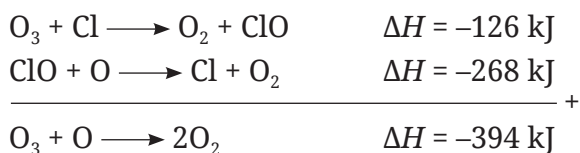
(Jawab: b)

### Uraian

1. Diketahui :  $\text{O}_3 + \text{Cl} \longrightarrow \text{O}_2 + \text{ClO} \quad \Delta H = -126 \text{ kJ}$   
 $\text{ClO} + \text{O} \longrightarrow \text{Cl} + \text{O}_2 \quad \Delta H = -268 \text{ kJ}$

Ditanyakan:  $\text{O}_3 + \text{O} \longrightarrow 2\text{O}_2 \quad \Delta H = \dots?$

Jawab:



2. Diketahui data entalpi pembakaran untuk lima jenis bahan bakar berikut.

Bahan bakar	$\Delta H$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )	$M_r$
Hidrogen	-287	2
Metana	-803	16
Propana	-2.201	44
Isobutana	-2.868	58
Neopentana	-3.515	72

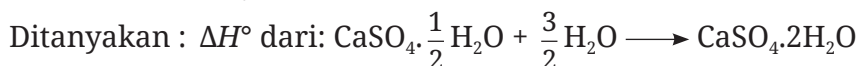
Bahan bakar yang menghasilkan jumlah energi paling besar untuk setiap 1 gram bahan bakar yang digunakan adalah neopentana, yaitu:

$$\Delta H = \frac{-3.515}{\frac{1}{72}} = 253.080 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

3. Diketahui :  $\Delta H_f^\circ \text{ CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{O} = -1.573 \text{ kJ/mol}^{-1}$

$$\Delta H_f^\circ \text{ CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = -2.020 \text{ kJ/mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O} = -242 \text{ kJ.mol}^{-1}$$



Jawab:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{ CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - [\Delta H_f^\circ \text{ CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{O} + \frac{3}{2} \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}] \\ &= -2.020 \text{ kJ.mol}^{-1} - (-1.573 \text{ kJ.mol}^{-1} - 242 \text{ kJ.mol}^{-1}) \\ &= -205 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

#### h. Alternatif Pembelajaran

1. Pembelajaran Bab Termokimia ini pendidik bisa menggunakan berbagai macam metode pembelajaran, baik *inquiry*, *discovery*, maupun *problem based learning*.
2. Pada subbab reaksi eksotermik dan endotermik, pendidik dapat melakukan pembelajaran dengan menggunakan praktikum luring (di laboratorium) ataupun daring (menggunakan laboratorium maya).
3. Model pembelajaran dapat menggunakan RADEC (*Read, Answer, Discussion, Explain, Create*) dengan membuka tautan berikut.

<https://ojs.unimal.ac.id/ijevs/article/view/1379>



4. Pendekatan yang dapat digunakan salah satunya melalui Computational Thinking dengan membuka tautan berikut.

<https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>



**i. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana**

Pembelajaran pada Bab Termokimia, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, proyektor, alat-alat praktikum, poster, *flipbook*, dan laboratorium maya.

**j. Program Remedial dan Pengayaan**

1. Remedial

- Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas
- Tahapan pembelajaran remedial dilaksanakan melalui *remedial teaching* (klasikal), tutor sebaya, atau penugasan dan diakhiri dengan tes.
- Tes remedial dilakukan paling banyak tiga kali. Apabila setelah tiga kali tes remedial belum mencapai ketuntasan, maka remedial dilakukan dalam bentuk penugasan tanpa tes tertulis kembali.

2. Pengayaan

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

### k. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali

<b>Bentuk interaksi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.</li><li>• Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)</li></ul>
<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aktivitas 5.1, 5.2, dan 5.3 pada buku siswa</li><li>• Ayo cek pemahaman pada buku siswa</li></ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap: <ul style="list-style-type: none"><li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li><li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li></ul>

### l. Refleksi

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab Termokimia, pendidik melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang telah dicapai maupun yang belum, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada pertemuan selanjutnya.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)



Bab

VI

Panduan Khusus:

# Kinetika Kimia

Setelah mempelajari materi ini, peserta didik dapat menuliskan ungkapan laju reaksi, menjelaskan penyebab terjadinya reaksi yang dihubungkan dengan teori tumbukan, melakukan percobaan sederhana mengenai faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, menyimpulkan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, menentukan harga orde reaksi, menentukan persamaan laju reaksi, serta mampu memahami penerapan laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari.

## A. Pendahuluan

Kinetika Kimia merupakan bab keenam dari buku Kimia kelas XI. Pada bab ini dibahas mengenai beberapa kegunaan laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari. Laju pada ilmu fisika adalah perubahan jarak tiap satuan waktu, sementara laju reaksi pada ilmu kimia adalah perubahan konsentrasi zat tiap satuan waktu.

Bab ini memiliki pesan di balik isinya, yaitu (1) energi kinetik berupa tumbukan antarpartikel yang dapat menyebabkan reaksi kimia, (2) tumbukan antarpartikel dapat menyebabkan cepat lambatnya suatu reaksi (laju reaksi), (3) faktor-faktor apa saja yang dapat memengaruhi laju reaksi, (4) menentukan laju reaksi agar dapat menentukan persamaan laju reaksi, dan (5) laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari. Isi bab diharapkan dapat memberikan pemahaman pada peserta didik bahwa ilmu kimia sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Mendeskripsikan teori tumbukan
2. Menganalisis hubungan antara teori tumbukan dengan laju reaksi
3. Menuliskan rumus laju reaksi
4. Mendeskripsikan hubungan antara laju reaksi dengan orde reaksi
5. Mendeskripsikan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi dan menghubungkannya dengan teori tumbukan
6. Melakukan percobaan sederhana mengenai faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi
7. Menentukan harga orde reaksi dan menghubungkannya dengan persamaan laju reaksi
8. Menerapkan kinetika kimia dalam kehidupan sehari-hari

Kaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya adalah peserta didik telah mengetahui persamaan reaksi kimia, menentukan konsentrasi larutan, dan konsep mol. Pada setiap tahap pembelajaran hendaknya guru senantiasa mengingatkan kembali peserta didik dengan cara mengulang materi kimia yang terkait dengan kinetika kimia.

## B. Skema Pembelajaran

Subbab: A. Teori Tumbukan

Subbab: B. Laju Reaksi

Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menganalisis artikel berupa cepat lambatnya beberapa reaksi kimia yang terjadi di sekitar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tumbukan</li> <li>• Kinetika kimia</li> <li>• Energi aktivasi</li> <li>• Grafik</li> </ul>	Buku siswa: Bacaan artikel yang ada di halaman pertama setelah sampul bab	
Mengajukan pertanyaan terkait artikel yang telah dianalisis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hubungan waktu dan konsentrasi</li> </ul>	Buku siswa: Subbab B	
Memahami cara menentukan persamaan laju reaksi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumus laju reaksi</li> </ul>	Contoh soal Ayo berlatih	
Mempelajari pembahasan soal mengenai konsep laju reaksi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perbandingan mol sama dengan perbandingan koefisien</li> </ul>		
Memahami cara perhitungan matematika dalam penentuan laju reaksi.			
Menganalisis hubungan antara laju reaksi pereaksi dengan laju reaksi hasil reaksi.			
Menentukan rumus laju reaksi dari suatu persamaan reaksi kimia dan menentukan harga laju reaksi dari tiap-tiap zat dalam suatu reaksi kimia.			
Membuat grafik berdasarkan data waktu dan jumlah zat serta menentukan laju reaksinya.			

**Subbab: C. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi**  
**Subbab: D. Faktor-Faktor yang Memengaruhi laju Reaksi**

**Alokasi Waktu:**  
 4 kali pertemuan, 10 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Menyimpulkan pengertian laju reaksi berdasarkan data yang diberikan pada buku paket.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanta</li> <li>• Laju reaksi</li> <li>• Orde reaksi</li> <li>• Konsentrasi pereaksi</li> <li>• Orde reaksi</li> <li>• Persamaan laju reaksi</li> <li>• Tetapan laju reaksi</li> <li>• Katalis reaksi</li> </ul>	Buku siswa: Subbab C	
Memahami jenis- jenis orde reaksi dan grafik orde reaksi.		Buku siswa: Subbab D Aktivitas 6.1 Contoh soal Ayo Berlatih	
Menyimpulkan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan secara berkelompok.		Buku siswa: Aktivitas 6.2	
Memahami cara menentukan orde reaksi, persamaan laju reaksi, dan harga tetapan laju reaksi berdasarkan data percobaan dengan mempelajari contoh soal.		Buku siswa: Aktivitas 6.3, Contoh soal Ayo Berlatih	
Menentukan orde pereaksi, orde reaksi total, dan persamaan laju reaksi dengan mengerjakan latihan soal.			
Menyimpulkan pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan secara berkelompok.			
Menyimpulkan pengaruh suhu terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan secara berkelompok.			



Menyimpulkan pengertian katalis dan cara kerjanya berdasarkan data yang diberikan pada buku paket.			
Menyimpulkan pengaruh katalis terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan secara berkelompok		Buku siswa: Aktivitas 6.4	

## C. Panduan Pembelajaran

**Subbab: A. Teori Tumbukan**

**Subbab: B. Laju Reaksi**

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 3 jam pelajaran

**Pertemuan Pertama: Teori Tumbukan  
Laju Reaksi**

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik mampu mendeskripsikan teori tumbukan.
- Peserta didik mampu mendeskripsikan energi aktivasi.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik telah memahami materi kelas X tentang konsep mol dan cara menentukan konsentrasi larutan.
- Peserta didik diberi penguatan mengenai adanya hubungan antara pengurangan konsentrasi dengan waktu berlangsungnya reaksi.
- Peserta didik diberi pemahanan mengenai hubungan antara koefisien reaksi dengan laju reaksi setiap zat.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Peserta didik diarahkan untuk memahami ilustrasi yang terdapat pada halaman awal buku.
2. Peserta didik diberi pertanyaan seperti berikut.
  - a. Manakah reaksi yang berlangsung lambat dan mana yang cepat antara reaksi perkaratan dan pembakaran?
  - b. Reaksi yang terjadi dalam tubuh kita apakah berlangsung cepat atau lambat?
3. Peserta diajak untuk merenungkan bahwa reaksi kimia bukan hal baru, tetapi terjadi juga dalam tubuh manusia.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca artikel di halaman awal bab.
  - a. Bacalah artikel sampai tuntas, usahakan tidak ada kata atau kalimat yang dilewati.
  - b. Jika belum mengerti, bacalah artikel itu beberapa kali.
2. Peserta didik diajak untuk mengembangkan rasa ingin tahu dengan cara memunculkan pertanyaan baru dan memberi respons berupa pertanyaan terkait artikel yang sudah dibaca.
3. Peserta didik diarahkan untuk bercerita apakah mereka pernah melarutkan garam ke dalam air panas atau air dingin? Ditanyakan pula apakah ada perbedaan kecepatan larutnya garam? Apa penyebab perbedaan kecepatan tersebut?
4. Peserta didik diberi kesempatan untuk mengemukakan pertanyaan dalam diskusi kelas.
5. Peserta didik diarahkan untuk menyimak penjelasan bahwa ketika kita mereaksikan dua buah zat maka akan terjadi tumbukan antarzat. Tumbukan inilah yang menyebabkan terjadinya reaksi.
6. Peserta didik diarahkan untuk menyimak penjelasan bahwa semakin banyak tumbukan yang terjadi maka semakin cepat

reaksi berlangsung dan tumbukan yang menghasilkan reaksi adalah tumbukan yang efektif.

7. Peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan pengertian energi aktivasi setelah diberikan analogi mengenai energi aktivasi berupa Gambar 6.5.
8. Peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan pengertian laju reaksi dengan memberikan penjelasan reaksi antara logam dan larutan asam dengan melakukan langkah-langkah berikut.
  - a. Menuliskan reaksi antara logam dan larutan asam. Jangan lupa coba dicek apakah peserta didik masih ingat hasil reaksi antara logam dan larutan asam yang sudah mereka pelajari di Bab 2.
  - b. Mengingat kembali (melalui pertanyaan), zat apa saja yang ada sebelum bereaksi dan zat apa yang terbentuk setelah bereaksi.
  - c. Menampilkan ilustrasi berupa alat yang digunakan untuk praktikum (Gambar 6.6), tabel data hasil percobaan (Tabel 6.1), dan grafik hasil percobaan (Gambar 6.7).
  - d. Meminta peserta didik untuk berdiskusi dengan teman sebangkunya mengenai ketiga gambar tersebut.
  - e. Mengarahkan peserta didik untuk menyimpulkan hasil diskusi mereka bahwa laju reaksi merupakan perubahan jumlah zat tiap satuan waktu.
9. Peserta didik diarahkan untuk menyimak penjelasan bahwa perubahan zat yang terjadi setiap satuan waktu dapat berupa perubahan volume gas atau konsentrasi larutan dengan memberikan penjelasan berupa reaksi pembentukan amonia pada buku siswa.
10. Agar peserta didik lebih paham lagi dapat ditambahkan diskusi mengenai Gambar 6.8 dan 6.9 mengenai perubahan jumlah partikel reaktan dan produk.
11. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan kalimat matematika dari laju reaksi reaktan dan produk.

### **c. Aplikasi Konsep**

Peserta didik diajak untuk mengingat perubahan jumlah zat reaktan dan produk ketika mereka melakukan kegiatan berikut.

Membakar dua lembar kertas. Sebelum reaksi, yang ada hanyalah kertas sebanyak 2 lembar. Namun, setelah dibakar (bereaksi dengan oksigen), kertasnya habis, yang ada adalah abu dan asap (sebelum reaksi, asap dan abu tersebut tidak ada).

Tujuan dari kegiatan di atas adalah membuktikan bahwa laju reaksi merupakan berkurangnya jumlah partikel reaktan (berkurangnya jumlah kertas) dan bertambahnya jumlah partikel produk (bertambahnya abu dan asap, meskipun pada akhirnya asap berkurang karena pembakaran dilakukan di tempat terbuka).

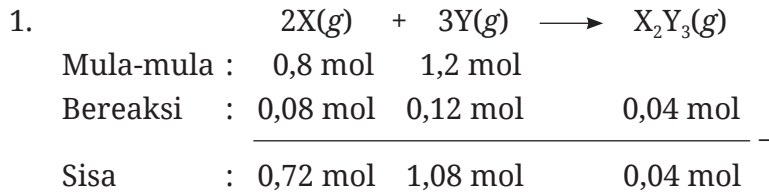
### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi mengenai hal-hal apa yang telah dipelajari dan apa saja yang masih belum dipahami tentang teori tumbukan dan konsep laju reaksi.
2. Peserta didik diarahkan untuk mempelajari contoh soal dan pembahasannya agar mereka lebih memahami teori tumbukan dan konsep laju reaksi.
3. Agar lebih memahami konsep laju reaksi maka peserta didik diarahkan untuk mengerjakan soal latihan dalam Ayo Berlatih.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik ditekankan kembali bahwa pemahaman terhadap teori tumbukan dan konsep laju reaksi merupakan materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab selanjutnya.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab B**



a. Laju reaksi pembentukan  $X_2Y_3$ :

$$r_{X_2Y_3} = \frac{\Delta[X_2Y_3]}{\Delta t} = \frac{0,04 \text{ mol}}{50 \text{ detik}} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1}$$

b. Laju reaksi gas Y:

$$r_Y = -\frac{\Delta[Y]}{\Delta t} = -\frac{0,12 \text{ mol}}{50 \text{ detik}} = -1,2 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1}$$



a. Rumus laju reaksi untuk masing-masing gas:

$$r_{NO_2} = -\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$$

$$r_{NO} = +\frac{\Delta[NO]}{\Delta t}$$

$$r_{O_2} = +\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

b. Diketahui laju reaksi pembentukan NO adalah  $1,6 \times 10^{-4} \text{ M.detik}^{-1}$ , maka:

$$r_{NO} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ M.detik}^{-1}$$

$$r_{NO_2} = -\frac{2}{2} \times 1,6 \times 10^{-4} \text{ M.detik}^{-1} = -1,6 \times 10^{-4} \text{ M.detik}^{-1}$$

$$r_{O_2} = \frac{1}{2} \times 1,6 \times 10^{-4} \text{ M.detik}^{-1} = 8 \times 10^{-5} \text{ M.detik}^{-1}$$



Waktu (detik)	0	10	20
[A] (mol.l <sup>-1</sup> )	0,5	0,4	0,325

Laju reaksi gas A pada selang waktu 0–10 detik:

$$r_A = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,4 - 0,5) \text{ mol.l}^{-1}}{(10 - 0) \text{ detik}} = \frac{-0,1}{10} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \\ = -0,01 \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1}$$

Laju reaksi gas A pada selang waktu 10–20 detik:

$$r_A = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,325 - 0,4) \text{ mol.l}^{-1}}{(20 - 10) \text{ detik}} = \frac{-0,075}{10} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \\ = -7,5 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1}$$

Laju reaksi gas A pada selang waktu 0–20 detik:

$$r_A = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,325 - 0,5) \text{ mol.l}^{-1}}{(20 - 0) \text{ detik}} = \frac{-0,075}{20} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \\ = -3,75 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1}$$

### Subbab C: Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi Subbab D: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi

#### Alokasi Waktu:

4 kali pertemuan, 10 jam pelajaran

#### Pertemuan Kedua:

Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi  
(2 jam pelajaran)

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menuliskan persamaan laju reaksi.
- Peserta didik diharapkan mampu mendeskripsikan hubungan antara laju reaksi dengan orde reaksi.
- Peserta didik diharapkan mampu menyimpulkan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dihubungkan dengan teori tumbukan.

## 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi:

- a. Peserta didik telah memahami teori tumbukan.
- b. Peserta didik telah memahami konsep laju reaksi.
- c. Peserta didik harus diingatkan bahwa orde reaksi bukan berasal dari koefisien zat pereaksi.

## 3. Tahapan Pembelajaran:

### a. *Apersepsi*

Melalui tanya jawab, peserta didik diingatkan kembali mengenai teori tumbukan dan konsep laju reaksi.

### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk menyimak penjelasan mengenai persamaan laju reaksi.
2. Peserta didik diarahkan untuk menyimak bahwa laju reaksi dipengaruhi oleh orde reaksi.
3. Peserta didik diberikan tabel hasil percobaan mengenai hubungan antara laju reaksi dengan orde reaksi sehingga mereka mampu menyimpulkan grafik dari setiap persamaan laju reaksi dengan orde nol, satu, dan dua.
4. Peserta didik diarahkan dalam melakukan percobaan pengaruh konsentrasi larutan terhadap laju reaksi dengan melakukan Aktivitas 6.1.
5. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis hasil percobaan yang telah dilakukan dan menyimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi semakin cepat laju reaksi.
6. Peserta didik diarahkan untuk mengomunikasikan hasil percobaan mereka mengenai hubungan antara konsentrasi larutan dan laju reaksi dengan teori tumbukan.

### c. *Aktivitas 6.1*

Kegiatan Aktivitas 6.1 ini merupakan proses pembuktian mengenai hubungan antara teori tumbukan dengan konsentrasi larutan dan

laju reaksi. Peserta didik diharapkan mampu menyimpulkan sendiri dari percobaan yang dilakukan, bahwa semakin besar konsentrasi, semakin banyak partikel zat yang bereaksi, maka semakin banyak tumbukan yang terjadi sehingga laju reaksi berlangsung lebih cepat.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari dan yang belum dipahami tentang persamaan laju reaksi, orde reaksi, dan pengaruh konsentrasi larutan terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh dari materi ini.

#### **e. Aplikasi Konsep**

1. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan mandiri di rumah dengan menggunakan aplikasi simulasi praktikum maya melalui tautan:

[http://billvining.com/mmlib\\_sims/#gen\\_13\\_1](http://billvining.com/mmlib_sims/#gen_13_1)



2. Pastikan simulasi ini sudah dilakukan terlebih dahulu oleh pendidik agar dapat mengarahkan dan berdiskusi apabila peserta didik mengalami kesulitan.

#### **f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab D (1)**

Diketahui reaksi:





Dari hasil percobaan, diperoleh data sebagai berikut.

No.	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (M)	HCl (M)	Laju reaksi (M.detik <sup>-1</sup> )
1.	0,1	0,03	0,04
2.	0,1	0,12	0,16
3.	0,03	0,03	0,36

Persamaan laju reaksinya adalah:

$$r = k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]^x [\text{HCl}]^y$$

a. Menentukan orde reaksi untuk Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (harga x)

$$\frac{r_3}{r_1} = \frac{k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]_3^x [\text{HCl}]_3^y}{k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]_1^x [\text{HCl}]_1^y}$$

$$\frac{0,36}{0,04} = \frac{0,3^x \cdot 0,03^y}{0,1^x \cdot 0,03^y}$$

$$9 = 3^x$$

$$x = 2$$

b. Menentukan orde reaksi untuk HCl (harga y)

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]_2^x [\text{HCl}]_2^y}{k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]_1^x [\text{HCl}]_1^y}$$

$$\frac{0,16}{0,04} = \frac{0,1^x \cdot 0,12^y}{0,1^x \cdot 0,03^y}$$

$$4 = 4^y$$

$$y = 1$$

c. Orde reaksi total = 2 + 1 = 3

d. Persamaan laju reaksinya  $r = k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]^2 [\text{HCl}]$

e. Menentukan harga konstanta laju reaksi boleh menggunakan data percobaan 1, 2, atau 3. Misal digunakan data percobaan 1.

$$r = k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]^2 [\text{HCl}]$$

$$0,04 = k (0,1)^2 (0,03)$$

$$0,04 = k \cdot 0,01 \cdot 0,03$$

$$k = \frac{4}{0,03} = 133,33$$

## **Pertemuan Ketiga: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi** (3 jam pelajaran)

### **1. Tujuan Pembelajaran**

- a. Peserta didik diharapkan mampu memahami hubungan antara orde reaksi dan laju reaksi dengan melakukan latihan soal.
- b. Peserta didik diharapkan mampu memahami pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan.

### **2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

- a. Peserta didik mampu menjelaskan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.
- b. Peserta didik mampu menjelaskan persamaan laju reaksi.

### **3. Tahapan Pembelajaran**

#### **a. Apersepsi**

1. Peserta didik diarahkan untuk mengingat kembali hasil percobaan mengenai hubungan konsentrasi larutan dengan laju reaksi.
2. Peserta didik diajak untuk mengingat kembali mengenai hubungan laju reaksi dengan orde reaksi berdasarkan grafik pada pertemuan sebelumnya.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk memerhatikan pemaparan mengenai hubungan orde reaksi dengan laju reaksi melalui soal-soal.
2. Peserta didik diarahkan untuk menganalisis penentuan orde reaksi dengan mengerjakan Ayo Berlatih.
3. Peserta didik diarahkan untuk memahami pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan pada Aktivitas 6.2.

4. Peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi dengan menggunakan teori tumbukan.

**c. Aktivitas 6.2**

Aktivitas ini bertujuan agar peserta didik memahami pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi dan menghubungkannya dengan teori tumbukan.

**d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari dan yang belum dipahami tentang pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh dari materi ini.

**e. Aplikasi Konsep**

1. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan mandiri di rumah masing-masing, misalnya membuktikan pengaruh luas permukaan sentuh zat terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyiapkan 2 buah tablet *effervescent* dan 2 buah gelas yang berisi air mineral sebanyak  $\frac{3}{4}$  gelas. Tablet *effervescent* pertama langsung dimasukkan ke dalam gelas pertama. Hitung waktu mulai tablet tersebut dimasukkan ke dalam air hingga larut semua, lalu catat waktunya. Tablet *effervescent* kedua ditumbuk terlebih dahulu kemudian dilarutkan ke dalam gelas kedua. Hitung waktu hingga larut semua, lalu catat waktunya. Peserta didik diminta membuat kesimpulan dari hasil percobaan tersebut.

**f. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Peserta didik diarahkan untuk mencari informasi mengenai faktor-faktor lain yang memengaruhi laju reaksi.

## **Pertemuan Keempat: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi** (2 jam pelajaran)

### **1. Tujuan Pembelajaran**

Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan pengaruh suhu terhadap laju reaksi.

### **2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

- a. Peserta didik sudah memahami hubungan teori tumbukan dengan laju reaksi.
- b. Peserta didik perlu diingatkan di akhir pertemuan bahwa kenaikan suhu menyebabkan kenaikan energi kinetik sehingga semakin banyak tumbukan yang terjadi.

### **3. Tahapan Pembelajaran**

#### **a. Apersepsi**

1. Melalui tanya jawab, peserta didik diajak untuk membayangkan kondisi ketika berada di pantai dan gunung. Manakah tempat yang membuat kita terasa lebih cepat haus atau lelah, dan apa penyebabnya.
2. Peserta didik juga ditanyakan pengalaman mereka ketika melarutkan garam ke dalam air dingin dan air panas, mana yang lebih cepat larut dan apa penyebabnya.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diarahkan untuk memahami pengaruh suhu terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan dalam Aktivitas 6.3 secara berkelompok.
2. Peserta didik diarahkan untuk berdiskusi mengenai hasil percobaan yang mereka peroleh.
3. Peserta didik diarahkan untuk mengomunikasikan dan menyimpulkan pengaruh suhu terhadap laju reaksi dengan menggunakan teori tumbukan.

4. Peserta didik diarahkan untuk memahami pengaruh suhu dengan memerhatikan penjelasan pada contoh soal.
5. Peserta didik diajak untuk mengerjakan soal latihan pada Ayo Berlatih.

### c. Aplikasi Konsep

1. Peserta didik diajak untuk melakukan percobaan mandiri di rumah masing-masing untuk membuktikan pengaruh suhu terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyiapkan 2 buah tablet *effervescent* dan 2 buah gelas. Pada gelas pertama dimasukkan air mineral dengan suhu kamar sebanyak  $\frac{3}{4}$  gelas, sementara gelas kedua diisi air mineral panas, juga sebanyak  $\frac{3}{4}$  gelas. Tablet *effervescent* pertama dimasukkan ke dalam gelas pertama. Hitung waktunya mulai tablet tersebut dimasukkan ke dalam air hingga larut semua, lalu catat waktunya. Lakukan hal yang sama pada gelas kedua. Peserta didik diminta membuat kesimpulan dari hasil percobaan tersebut.

### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari dan yang belum dipahami tentang persamaan laju reaksi, orde reaksi, dan pengaruh konsentrasi larutan terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh dari materi ini.

### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

Peserta didik diarahkan untuk memaparkan contoh pengaruh suhu dalam kehidupan sehari-hari yang mereka temui.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab D (2)**

1. Diketahui : Setiap kenaikan suhu 20°C, laju reaksi menjadi 3 kali lebih cepat.

$$T_1 = 20^\circ\text{C}; T_2 = 80^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 15 \text{ menit}$$

Ditanyakan :  $t_2 = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 \times \left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{T_2 - T_1}{20}} \\ &= 15 \text{ menit} \times \left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{80 - 20}{20}} \\ &= \frac{15}{27} \text{ menit} \\ &= \frac{5}{9} \times 60 \text{ detik} = 33,33 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Diketahui : Setiap kenaikan suhu 10°C, laju reaksi menjadi 2 kali lebih cepat.

$$T_1 = 30^\circ\text{C}; T_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$r_1 = a$$

Ditanyakan :  $r_2 = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned} r_2 &= r_1 \times 2^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \\ &= a \times 2^{\frac{100 - 30}{10}} \\ &= a \times 2^7 \\ &= 128a \end{aligned}$$

## **Pertemuan Kelima: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi** (3 jam pelajaran)

### **1. Tujuan Pembelajaran**

- a. Peserta didik mampu menjelaskan pengertian katalis.
- b. Peserta didik mampu menjelaskan peran katalis dalam laju reaksi.

### **2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi**

Peserta didik telah mengetahui hubungan energi aktivasi dan teori tumbukan dengan laju reaksi.

### **3. Tahapan Pembelajaran**

#### **a. Apersepsi**

1. Melalui tanya jawab, peserta didik diingatkan kembali mengenai energi aktivasi.
2. Melalui tanya jawab, peserta didik diingatkan kembali mengenai teori tumbukan.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Peserta didik diberikan grafik energi aktivasi dengan dan tanpa katalis (Gambar 6.14).
2. Peserta didik diarahkan untuk berpikir dan menganalisis perbedaan antara energi aktivasi dengan katalis dan tanpa katalis dari grafik tersebut.
3. Melalui tanya jawab, peserta didik menyimpulkan penyebab katalis dapat mempercepat laju reaksi.
4. Peserta didik diarahkan untuk memahami pengaruh katalis terhadap laju reaksi dengan melakukan percobaan pada Aktivitas 6.4.
5. Peserta didik diarahkan untuk mendiskusikan hasil percobaan yang diperoleh.
6. Peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan dan mengomunikasikan hasil percobaannya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik diarahkan untuk mencari informasi di internet mengenai peran katalis dalam tubuh manusia.

### d. Refleksi Pembelajaran

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari dan yang belum dipahami tentang pengaruh katalis terhadap laju reaksi.
2. Peserta didik diminta menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh dari materi ini.

### e. Pengayaan

Peserta didik diarahkan untuk mempelajari penggunaan katalis dalam kehidupan sehari-hari, contohnya penggunaan enzim papain untuk melunakkan daging serta mencari informasi mengenai cara kerja enzim tersebut.

### f. Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman

#### Pilihan ganda

1. Laju reaksi yang dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi adalah percobaan nomor 1 dan 3 karena keduanya dilakukan pada suhu yang sama dan padatan  $\text{CaCO}_3$  yang sama besar, pembedanya hanya pada nilai konsentrasi HCl. (Jawab: c)
2. Laju reaksi yang dipengaruhi oleh luas permukaan sentuh zat pereaksi adalah percobaan nomor 1 dan 2 karena padatan  $\text{CaCO}_3$  yang direaksikan tidak sama besar, dilakukan pada suhu tetap dan konsentrasi HCl sama besar. (Jawab: a)
3. Laju pembentukan uap air = 0,024 mol per menit  
Laju penguraian amonia = ...?  
$$4\text{NH}_3(g) + 5\text{O}_2(g) \longrightarrow 4\text{NO}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(l)$$



$$\begin{aligned} \text{Laju penguraian amonia (NH}_3) &= \frac{4}{6} \times 0,024 \text{ mol per menit} \\ &= 0,016 \text{ mol per menit (Jawab: a)} \end{aligned}$$

4. Jika penambahan dan pengurangan jumlah zat pereaksi tidak berpengaruh terhadap besarnya laju reaksi, hal itu disebabkan karena orde reaksinya adalah nol. (Jawab: e)

5. Diketahui :  $t_1 = 12$  menit  
 $T_1 = a^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = (a + 20)^\circ\text{C}$   
 Setiap kenaikan  $10^\circ\text{C}$ , laju reaksi berlangsung menjadi dua kali lebih cepat.

Ditanyakan :  $t_2 = \dots?$

Jawab:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \\ &= 12 \text{ menit} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{(a+20) - a}{10}} \\ &= \frac{12}{4} \text{ menit} \\ &= 3 \text{ menit (Jawab: b)} \end{aligned}$$

### ***Uraian***

1. Diketahui :  $n \text{ NO}_2$  mula-mula = 2 mol  
 $V$  bejana = 5 L  
 $n \text{ NO}_2$  setelah 2 jam = 0,5 mol (2 jam = 7.200 detik)

Ditanyakan : a.  $r$  pembentukan gas NO  
 b.  $r$  pembentukan gas O<sub>2</sub>  
 c.  $r$  penguraian gas NO<sub>2</sub>

Jawab:



Mula-mula : 2 mol

Bereaksi : 1,5 mol      1,5 mol      0,75 mol

Tersisa : 0,5 mol      1,5 mol      0,75 mol

$$\begin{aligned} \text{a. } r_{\text{NO}} &= + \frac{[\text{NO}]}{\Delta t} = + \frac{\frac{1,5 \text{ mol}}{5 \text{ l}}}{7.200 \text{ detik}} = 4,17 \times 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \\ \text{b. } r_{\text{O}_2} &= + \frac{[\text{O}_2]}{\Delta t} = + \frac{\frac{0,75 \text{ mol}}{5 \text{ l}}}{7.200 \text{ detik}} = 2,08 \times 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \\ \text{c. } r_{\text{NO}_2} &= - \frac{[\text{NO}_2]}{\Delta t} = - \frac{\frac{1,5 \text{ mol}}{5 \text{ l}}}{7.200 \text{ detik}} = -4,17 \times 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}.\text{detik}^{-1} \end{aligned}$$

2. Diketahui reaksi:  $\text{P} + \text{Q} \longrightarrow \text{PQ}$

a. Konsentrasi dinaikkan 2 kali, konsentrasi Q tetap, maka laju reaksi naik 4 kali.

$$r = k [\text{P}]^x [\text{Q}]^y$$

$$4 = 2^x 1^y$$

$$4 = 2^x$$

$$x = 2$$

b. Konsentrasi P dan Q dinaikkan 2 kali maka laju reaksi naik 8 kali.

$$r = k [\text{P}]^x [\text{Q}]^y$$

$$8 = 2^2 2^y$$

$$8 = 4 \cdot 2^y$$

$$2 = 2^y$$

$$y = 1$$

c.  $r = k [\text{P}]^2 [\text{Q}]$

3.  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{MgCl}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

No.	$[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ (M)	$[\text{HCl}]$ (M)	Laju reaksi (M.detik <sup>-1</sup> )
1.	0,030	0,15	$1,25 \times 10^{-3}$
2.	0,030	0,30	$5,00 \times 10^{-3}$
3.	0,015	0,30	$2,50 \times 10^{-3}$

$$r = k [\text{Mg}(\text{OH})_2]^x [\text{HCl}]^y$$

a. Percobaan 2 dan 3:

$$\begin{aligned}\frac{r_2}{r_3} &= \frac{k [\text{Mg}(\text{OH})_2]_2^x [\text{HCl}]_2^y}{k [\text{Mg}(\text{OH})_2]_3^x [\text{HCl}]_3^y} \\ \frac{5,00 \times 10^{-3}}{2,50 \times 10^{-3}} &= \frac{0,03^x \cdot 0,3^y}{0,015^x \cdot 0,3^y} \\ 2 &= 2^x \\ x &= 1\end{aligned}$$

Percobaan 1 dan 2:

$$\begin{aligned}\frac{r_1}{r_2} &= \frac{k [\text{Mg}(\text{OH})_2]_1^x [\text{HCl}]_1^y}{k [\text{Mg}(\text{OH})_2]_2^x [\text{HCl}]_2^y} \\ \frac{1,25 \times 10^{-3}}{5,00 \times 10^{-3}} &= \frac{0,03^x \cdot 0,15^y}{0,03^x \cdot 0,3^y} \\ \frac{1}{4} &= \left(\frac{1}{2}\right)^y \\ y &= 2\end{aligned}$$

b. Jadi,  $r = k [\text{Mg}(\text{OH})_2] [\text{HCl}]^2$

c. Digunakan data percobaan 2:

$$\begin{aligned}r &= k [\text{Mg}(\text{OH})_2] [\text{HCl}]^2 \\ 5 \times 10^{-3} \text{ M.detik}^{-1} &= k (0,03 \text{ M}) (0,03 \text{ M})^2 \\ k &= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ M.detik}^{-1}}{0,03 \text{ M} \times 0,09 \text{ M}^2} \\ &= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ M.detik}^{-1}}{2,7 \times 10^{-3} \text{ M}^3} \\ &= 1,852 \text{ M}^{-2} \cdot \text{detik}^{-1}\end{aligned}$$

d. Harga laju reaksi jika  $[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 0,06 \text{ M}$  dan  $[\text{HCl}] = 0,30 \text{ M}$

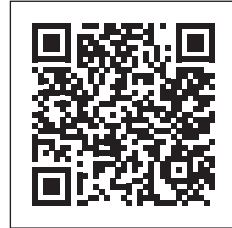
$$\begin{aligned}r &= k [\text{Mg}(\text{OH})_2] [\text{HCl}]^2 \\ &= 1,852 \text{ M}^{-2} \cdot \text{detik}^{-1} (0,06 \text{ M}) (0,3 \text{ M})^2 \\ &= 0,01 \text{ M.detik}^{-1}\end{aligned}$$

**Catatan:** Penilaian dalam tabel adalah contoh. Guru dapat memodifikasi penilaian disesuaikan dengan kondisi masing-masing sekolah. Remedial dapat dilakukan dengan pemberian tugas atau pembelajaran ulang yang diakhiri dengan tes. Tes remedial yang disusun disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang belum tuntas untuk setiap peserta didik.

### g. Alternatif Pembelajaran

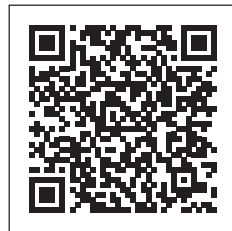
1. Pembelajaran Bab Kinetika Kimia ini pendidik bisa menggunakan berbagai macam metode pembelajaran, baik *inquiry*, *discovery*, maupun *problem based learning*.
2. Model pembelajaran dapat menggunakan RADEC (*Read, Answer, Discussion, Explain, Create*) dengan membuka tautan berikut.

<https://ojs.unimal.ac.id/ijevs/article/view/1379>



3. Pendekatan yang dapat digunakan salah satunya melalui Computational Thinking dengan membuka tautan berikut.

<https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>



### h. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana

Pembelajaran pada Bab Kinetika Kimia, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, proyektor, alat-alat praktikum, poster, *flipbook*, dan laboratorium maya.

### i. Program Remedial dan Pengayaan

1. Remedial
  - Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas.
  - Tahapan pembelajaran remedial dilaksanakan melalui *remedial teaching* (klasikal), tutor sebaya, atau penugasan dan diakhiri dengan tes.

- Tes remedial dilakukan paling banyak tiga kali. Apabila setelah tiga kali tes remedial belum mencapai ketuntasan, maka remedial dilakukan dalam bentuk penugasan tanpa tes tertulis kembali.

## 2. Pengayaan

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

### j. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali

<b>Bentuk interaksi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.</li> <li>• Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)</li> </ul>
<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas 6.1, 6.2, 6.3, dan 6.4 pada buku siswa</li> <li>• Ayo cek pemahaman pada buku siswa</li> </ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	<p>Orang tua memperhatikan batas waktu pengumpulan tugas.</p> <p>Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> </ul>

### **k. Refleksi**

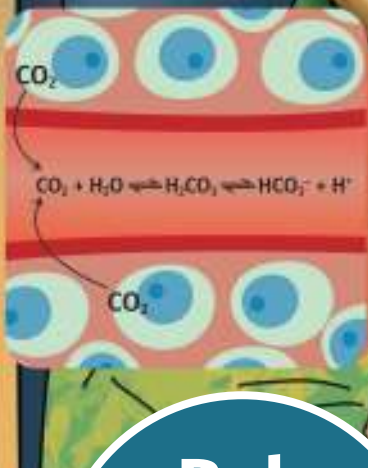
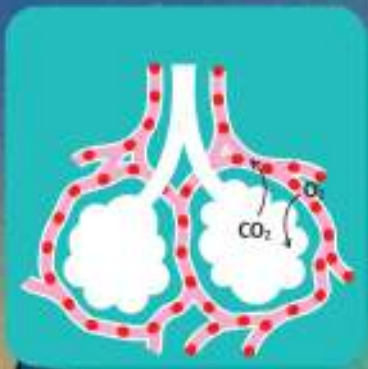
Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab 6 ini, guru melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang dicapai, dan bagian yang belum diselesaikan, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Kimia untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Munasprianto Ramli, dkk.

ISBN : 978-602-427-897-7 (jil.1)



# Bab VII

## Panduan Khusus: Keseimbangan Kimia

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menjelaskan reaksi kesetimbangan dan keadaan setimbang, menghitung nilai tetapan kesetimbangan, menggunakan tetapan kesetimbangan dalam menghitung konsentrasi pada saat kesetimbangan, menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia, serta mendeskripsikan aplikasi kesetimbangan kimia dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam dunia industri.

## A. Pendahuluan

Kesetimbangan Kimia merupakan bab ketujuh dari buku Kimia kelas XI. Dapat dilihat dari judulnya, bab ini mempelajari tentang kesetimbangan kimia dan implementasinya dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam dunia industri. Bab ini dibagi menjadi lima subbagian, yaitu konsep kesetimbangan kimia, tetapan kesetimbangan kimia, penggunaan tetapan kesetimbangan dalam perhitungan, pergeseran kesetimbangan kimia, dan kesetimbangan kimia dalam dunia industri (dalam bab ini diambil contoh proses Haber-Bosch). Bab ini diharapkan dapat memberikan pemahaman kepada peserta didik mengenai konsep kesetimbangan kimia dan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dunia industri.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan reaksi kesetimbangan dan keadaan setimbang.
2. Membedakan kesetimbangan homogen dan heterogeny.
3. Menentukan harga tetapan kesetimbangan, menganalisa hubungan tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan parsial, serta menggunakan tetapan kesetimbangan dalam perhitungan.
4. Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan.
5. Menjelaskan penerapan kesetimbangan kimia dalam kehidupan sehari-hari dan industri.

Kaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya adalah peserta didik telah mengetahui persamaan reaksi kimia, menentukan konsentrasi larutan, konsep mol, dan entalpi. Pada setiap tahapan pembelajaran hendaknya guru senantiasa mengingatkan kembali peserta didik, salah satunya dengan bertanya mengenai materi kimia yang sudah dipelajari dan terkait dengan kesetimbangan kimia, misalnya apakah peserta didik masih ingat dengan penyetaraan reaksi kimia, fase-fase zat yang bereaksi, serta bedanya produk dan reaktan.

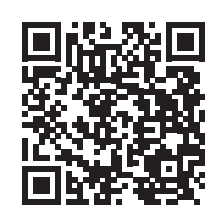
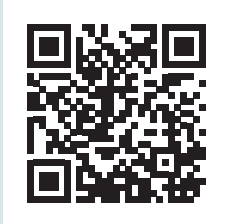


## B. Skema Pembelajaran

**Subbab: A. Konsep Kestimbangan Kimia**

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Peserta didik membaca bagian pengantar bab 7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kestimbangan kimia</li> <li>• Kestimbangan dinamis</li> <li>• Kestimbangan homogen</li> <li>• Kestimbangan heterogen</li> </ul>	Buku siswa: Pengantar bab 7 dan subbab A	Sumber lainnya di internet atau buku teks penunjang. Guru juga dapat mengembangkan LKPD sendiri.
Guru mengajukan pertanyaan terkait dengan contoh kestimbangan dalam kehidupan sehari-hari.			
Siswa melakukan Aktivitas 7.1 atau melihat video yang tersedia di internet untuk lebih memahami konsep kestimbangan kimia.		Buku siswa: Aktivitas 7.1 Ayo Berlatih	
Tautan YouTube mengenai kestimbangan kimia:			
			
<a href="https://www.youtube.com/watch?v=dUMmoPdwBy4">https://www.youtube.com/watch?v=dUMmoPdwBy4</a>		<a href="https://www.youtube.com/watch?v=iyxnS2UJ3JM">https://www.youtube.com/watch?v=iyxnS2UJ3JM</a>	

### Subbab: B. Tetapan Kesetimbangan Kimia

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Peserta didik membaca atau mendiskusikan mengenai tetapan kesetimbangan konsentrasi dan mengerjakan latihan soal.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tetapan kesetimbangan konsentrasi (<math>K_c</math>)</li><li>• Tetapan kesetimbangan tekanan parsial (<math>K_p</math>)</li></ul>	Buku Siswa: Subbab B	Sumber lainnya di internet atau buku teks penunjang. Guru juga dapat mengembangkan LKPD sendiri.
Peserta didik membaca atau mendiskusikan mengenai tetapan kesetimbangan tekanan parsial dan mengerjakan latihan soal.			
Peserta didik membuktikan hubungan antara $K_c$ dan $K_p$ .			

### Subbab: C. Menggunakan Tetapan Kesetimbangan Kimia dalam Perhitungan

#### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Peserta didik berlatih menggunakan tetapan kesetimbangan dalam perhitungan.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tetapan kesetimbangan konsentrasi (<math>K_c</math>)</li><li>• Tetapan kesetimbangan tekanan parsial (<math>K_p</math>)</li></ul>	Buku Siswa: Subbab C	Sumber lainnya di internet atau buku teks penunjang. Guru juga dapat mengembangkan LKPD sendiri.

### Subbab: D. Pergeseran Kesetimbangan Kimia

**Alokasi Waktu:**  
1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Membaca materi pergeseran kesetimbangan kimia.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pergeseran kesetimbangan</li><li>• Asas Le Chatelier</li></ul>	Buku Siswa: Subbab D	Sumber lainnya di internet atau buku teks penunjang. Guru juga dapat mengembangkan LKPD sendiri.
Mendiskusikan faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia dalam kelompok kecil.			
Mengomunikasikan faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia.			

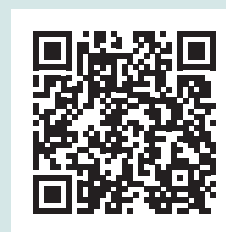
### Subbab: E. Kesetimbangan Kimia dalam Dunia Industri

**Alokasi Waktu:**  
1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

Aktivitas Pembelajaran	Kata Kunci	Sumber Belajar Utama	Sumber Belajar Tambahan
Mendiskusikan proses Haber-Bosch.	Haber-Bosch Kesetimbangan kimia dalam industri	Buku Siswa: subbab E	Sumber lainnya di internet atau buku teks penunjang. Guru juga dapat mengembangkan LKPD sendiri.
Membuat infografis mengenai proses Haber-Bosch atau proses kesetimbangan kimia dalam industri lainnya.			

Tautan YouTube mengenai kesetimbangan kimia:

<https://www.youtube.com/watch?v=AVLSAwJrrEU>



## C. Panduan Pembelajaran

**Subbab: A. Konsep Kesetimbangan Kimia**

**Alokasi Waktu:**

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

**Pertemuan Pertama: Konsep Kesetimbangan Kimia**

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan mengenai konsep kesetimbangan kimia serta membedakan kesetimbangan homogen dan heterogen.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik perlu diingatkan kembali mengenai reaksi kimia dan penyetaraan reaksi. Guru bisa bertanya mengenai reaksi kimia, apa itu produk dan reaktan, dan fase-fase zat ketika bereaksi.
- b. Peserta didik perlu memiliki landasan berpikir bahwa ada banyak hal dan peristiwa yang berkaitan dengan kesetimbangan secara umum dalam kehidupan sehari-hari, untuk memahami makna dari kesetimbangan.
- c. Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi dalam memahami kesetimbangan kimia. Salah satu miskonsepsi yang banyak ditemukan adalah bahwa kesetimbangan kimia terjadi ketika jumlah massa reaktan dan massa produk sama atau kesetimbangan kimia terjadi ketika jumlah mol reaktan sama dengan jumlah mol produk. Guru dapat mengantisipasi hal ini dengan menjelaskan fenomena jungkat-jungkit bahwa siswa sudah mempunyai preconsepsi ketika bermain jungkat-jungkit di mana keadaan setimbang terjadi ketika orang yang naik di kedua sisinya memiliki berat badan yang sama, atau bisa juga dengan mengatur posisi duduk masing-masing. Artinya, kesetimbangan bukan semata jumlah massanya sama. Dalam ilmu kimia, kesetimbangan

kimia terjadi ketika laju reaksi ke arah pembentukan produk sama dengan laju reaksi ke arah pembentukan reaktan.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Guru menampilkan gambar berbagai kedudukan jungkat-jungkit.
2. Guru bertanya kepada peserta didik, bagaimana pengalaman mereka bermain jungkat-jungkit.
3. Guru bertanya kepada peserta didik, pada kedudukan apa jungkat-jungkit dalam keadaan setimbang.
4. Guru bertanya kepada peserta didik, apa itu kesetimbangan.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk melakukan Aktivitas 7.1 yang sudah disiapkan oleh guru dan mendiskusikan hasil pengamatan mereka.

Kalau sekiranya tidak bisa melakukan Aktivitas 7.1 dikarenakan tidak ada alat dan bahan, maka guru bisa mencari video dari kanal YouTube terkait aktivitas yang serupa untuk mengantarkan pengetahuan peserta didik kepada konsep kesetimbangan.

2. Peserta didik diajak mengasah rasa ingin tahu mereka tentang fenomena lain yang menunjukkan proses kesetimbangan. Guru dapat menambahkan penjelasan berikut ini.

Guru bisa menceritakan suatu kondisi, misalnya kita naik perahu dari kayu. Tiba tiba perahu tersebut bocor. Kebetulan hanya ada dua ember yang ada di dalam perahu tersebut. Setiap air dibuang keluar dari perahu dengan dua ember, ternyata air yang masuk dari lubang juga bervolume sama. Nah, kira-kira kira apa yang terjadi?

Lalu dikaitkan dengan grafik pada Gambar 7.4 bahwa kesetimbangan terjadi ketika laju pembentukan produk sama dengan laju pembentukan reaktan.

3. Peserta didik berdiskusi secara berkelompok. Guru membentuk kelompok kecil yang terdiri atas 4–5 orang peserta didik. Sebagian kelompok membahas tentang kesetimbangan homogen dan kelompok lainnya membahas tentang kesetimbangan heterogen. Kemudian perwakilan kelompok mengomunikasikan hasil diskusi mereka.

### **c. Aplikasi Konsep**

Setelah peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi kelompok mereka mengenai kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen, guru mengajak peserta didik untuk mengerjakan Ayo Berlatih pada subbab A.

### **d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari dan yang belum dipahami tentang subbab konsep kesetimbangan kimia.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan ilustrasi yang dapat menjelaskan tentang kesetimbangan kimia.
3. Peserta didik ditekankan kembali bahwa kesetimbangan kimia terjadi bukan karena jumlah massa atau mol reaksi sama.

### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Guru menekankan kembali kepada peserta didik bahwa konsep mengenai kesetimbangan kimia dan kesetimbangan heterogen dan homogen adalah materi yang harus mereka pahami sebelum masuk ke subbab lainnya, dan pemahaman mereka akan sangat membantu dalam mempelajari subbab selanjutnya.

### **f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab A**

Peserta didik diminta menentukan reaksi yang merupakan kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen dari reaksi-reaksi berikut.

1.  $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$
2.  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$
3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \rightleftharpoons 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$
4.  $2\text{N}_2\text{O}_5(g) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$

Jawaban:

Kesetimbangan homogen dan heterogen dapat dilihat dari fase zat-zat yang berada dalam sistem kesetimbangan. Jika semua zat berada dalam fase yang sama berarti disebut kesetimbangan homogen, seperti terlihat pada reaksi no. 2 dan 4. Sedangkan reaksi no. 1 dan 3 yang zatnya tidak dalam fase yang sama disebut kesetimbangan heterogen.

## Subbab: B. Tetapan Kesetimbangan Kimia

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Kedua: Tetapan Kesetimbangan Kimia

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan mengenai tetapan kesetimbangan kimia, baik tetapan kesetimbangan konsentrasi maupun tekanan, serta menganalisis hubungan antara tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik perlu diberi penguatan kembali mengenai konsep kesetimbangan kimia, kesetimbangan homogen, dan kesetimbangan heterogen yang dipelajari pada subbab A.
- b. Peserta didik perlu memiliki keterampilan numerasi yang baik untuk memahami tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan serta melihat hubungan antara kedua tetapan tersebut.

- c. Peserta didik memiliki kecenderungan miskonsepsi dalam memahami tetapan kesetimbangan kimia. Salah satunya yang banyak terjadi adalah mereka menganggap konsentrasi semua zat diikutkan dalam menentukan tetapan kesetimbangan, baik zat dalam fase padat, cair, maupun gas.
- d. Guru dapat mengantisipasinya dengan memberikan penekanan bahwa untuk tetapan kesetimbangan konsentrasi, fase yang digunakan dalam perhitungan hanyalah zat yang fasenya gas ( $g$ ) dan larutan ( $aq$ ), sedangkan padatan ( $s$ ) dan cairan murni ( $l$ ) tidak terlibat dalam tetapan kesetimbangan konsentrasi.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Guru menanyakan kembali kepada peserta didik mengenai pengertian kesetimbangan kimia.
2. Guru menanyakan kembali kepada peserta didik pengertian kesetimbangan homogen dan heterogen.
3. Guru bertanya kepada peserta didik pengertian tetapan kesetimbangan kimia.

#### b. *Konstruksi Pengetahuan*

1. Peserta didik diarahkan untuk membaca bagian pengantar dari subbab B dan menjelaskan apa yang mereka dapatkan dari materi tersebut.
2. Guru membagi peserta didik dalam beberapa kelompok untuk mendiskusikan tetapan kesetimbangan konsentrasi. Perwakilan kelompok diminta menjelaskan pemahaman mereka.
3. Peserta didik diajak mengerjakan Ayo Berlatih mengenai tetapan kesetimbangan konsentrasi secara berkelompok.
4. Guru membagi peserta didik dalam beberapa kelompok, kemudian memintanya berdiskusi mengenai tetapan kesetimbangan tekanan parsial. Perwakilan kelompok diminta menjelaskan pemahaman mereka.



5. Peserta didik diajak mengerjakan Ayo Berlatih mengenai tetapan kesetimbangan tekanan parsial.
6. Peserta didik diajak untuk menganalisis hubungan antara tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan parsial.

### c. Aplikasi Konsep

Setelah peserta didik memahami tentang tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan parsial, peserta didik diajak secara berkelompok untuk menganalisis hubungan antara tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan parsial. Dengan begitu, mereka akan mampu berpikir analitis dan kritis, serta mampu menerapkan prinsip numerasi dalam pembelajaran kimia.

Adapun jawaban yang diharapkan dari peserta didik terkait hubungan antara tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan tekanan parsial adalah sebagai berikut.

Untuk reaksi:  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$

nilai  $K_c$  adalah:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

dan nilai  $K_p$  adalah:

$$K_p = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}$$

berdasarkan hukum gas ideal, kita ketahui:

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{n}{V}RT$$

$$P = [\dots]RT$$

Dengan menyubstitusi nilai  $P$  tersebut ke dalam persamaan  $K_p$ , maka kita dapatkan:

$$K_p = \frac{([C]RT)^c ([D]RT)^d}{([A]RT)^a ([B]RT)^b}$$

$$K_p = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \times \frac{RT^{c+d}}{RT^{a+b}}$$

$$K_p = K_c \times RT^{(c+d)-(a+b)}$$

$$K_p = K_c \times RT^{\Delta n}$$

#### d. Refleksi Pembelajaran

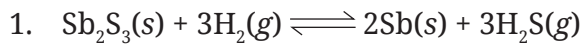
1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari dan yang belum dipahami tentang subbab tetapan kesetimbangan kimia.
2. Peserta didik diminta untuk menyampaikan kembali hubungan antara  $K_c$  dan  $K_p$ .
3. Peserta didik ditekankan kembali bahwa tetapan kesetimbangan konsentrasi hanya ditentukan oleh konsentrasi zat dengan fase gas ( $g$ ) dan larutan ( $aq$ ), sedangkan untuk tetapan kesetimbangan tekanan parsial, hanya zat dengan fase gas saja yang dilibatkan.

#### e. Tindak Lanjut Pembelajaran

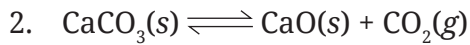
Guru menekankan kembali kepada peserta didik bahwa konsep tetapan kesetimbangan ini sangat diperlukan untuk mempelajari subbab C dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan tetapan kesetimbangan. Untuk itu, mereka diminta belajar mandiri di rumah untuk mengulang subbab B sebelum masuk pada subbab C.

#### f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab B (1)

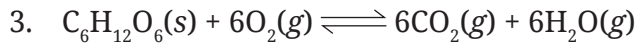
Peserta didik perlu ditekankan bahwa tetapan kesetimbangan konsentrasi hanya ditentukan oleh konsentrasi zat dengan fase gas ( $g$ ) dan larutan ( $aq$ ).



$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{S}]^3}{[\text{H}_2]^3}$$



$$K_c = [\text{CO}_2]$$



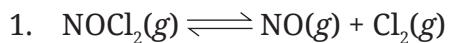
$$K_c = \frac{[\text{CO}_2]^6 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{O}_2]^6}$$



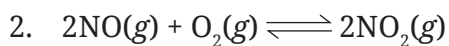
$$K_c = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$$

**g. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab B (2)**

Peserta didik perlu ditekankan bahwa untuk tetapan kesetimbangan tekanan parsial, hanya zat dengan fase gas saja yang dilibatkan.



$$K_p = \frac{P_{\text{NO}} P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{NOCl}_2}}$$



$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{(P_{\text{NO}})^2 P_{\text{O}_2}}$$

## Subbab: C. Menggunakan Tetapan Kesetimbangan dalam Perhitungan

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Ketiga: Menggunakan Tetapan Kesetimbangan dalam Perhitungan

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu mengaplikasikan penggunaan tetapan kesetimbangan kimia dalam perhitungan.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik perlu diberi penguatan kembali mengenai tetapan kesetimbangan kimia.
- Pemahaman yang utuh mengenai tetapan kesetimbangan kimia adalah syarat yang harus dimiliki peserta didik untuk terampil dalam menyelesaikan perhitungan kimia yang melibatkan tetapan kesetimbangan kimia, seperti menentukan nilai  $K_c$  dari konsentrasi zat-zat pada saat setimbang, menentukan nilai  $K_p$  pada saat setimbang, menghitung konsentrasi dari nilai  $K_c$  atau menghitung  $K_c$  dari nilai  $K_p$ .
- Peserta didik perlu memiliki keterampilan numerasi yang baik dalam menyelesaikan perhitungan.
- Peserta didik perlu ditekankan kembali fase-fase yang dilibatkan dalam perhitungan kesetimbangan kimia untuk mencegah miskonsepsi konsentrasi semua zat diikutkan dalam menentukan tetapan kesetimbangan, baik fase padat, cair, maupun gas.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

- Guru menanyakan kembali kepada peserta didik mengenai pengertian tetapan kesetimbangan kimia.

2. Guru menanyakan kembali kepada peserta didik, zat-zat dengan fase apa saja yang diikutkan dalam perhitungan tetapan kesetimbangan kimia.

**b. Konstruksi Pengetahuan**

Peserta didik diarahkan untuk mendiskusikan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan perhitungan menggunakan tetapan kesetimbangan kimia dengan melihat kepada tiga contoh yang diberikan dalam subbab C.

**c. Aplikasi Konsep**

Setelah peserta didik memahami langkah-langkah dalam penyelesaian perhitungan yang menggunakan tetapan kesetimbangan kimia maka mereka diajak untuk mengaplikasikan pengetahuan mereka dengan mengerjakan soal-soal yang ada pada Ayo Berlatih subbab C.

**d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari, kemudian menanyakan apakah mereka mengalami kesulitan untuk mengaplikasikan tetapan kesetimbangan dalam perhitungan.
2. Peserta didik ditekankan kembali bahwa numerasi adalah hal penting yang harus dimiliki oleh peserta didik, baik dalam pembelajaran kimia maupun dalam kehidupan sehari-hari.

**e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Guru menekankan kembali kepada peserta didik bahwa untuk dapat menggunakan tetapan kesetimbangan dalam perhitungan kimia, mereka harus memahami konsep kesetimbangan dan terampil dalam melakukan operasi matematika atau mempunyai kemampuan numerasi yang baik. Untuk itu, peserta didik diajak melakukan latihan dengan soal-soal yang bisa dikembangkan guru

atau diambil dari sumber-sumber lain, baik dari buku lain maupun internet.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab C**

1. Diketahui : Dalam sebuah bejana tertutup volume 1 liter terjadi reaksi:  $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$   
 mol  $\text{NO}_2 = 5$  mol  
 mol  $\text{O}_2$  saat setimbang = 2 mol

Ditanyakan : a. Konsentrasi masing-masing gas saat kesetimbangan  
 b. Nilai  $K_c$

Jawab:

	$2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$		
Awal	5 mol		
Reaksi	4 mol	4 mol	2 mol
Setimbang	1 mol	4 mol	2 mol

Konsentrasi masing-masing gas saat kesetimbangan:

$$[\text{NO}_2] = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 1 \text{ M}$$

$$[\text{NO}] = \frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 4 \text{ M}$$

$$[\text{O}_2] = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 2 \text{ M}$$

Nilai  $K_c$  reaksi tersebut:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{(4 \text{ M})^2 \times 2 \text{ M}}{(1 \text{ M})^2} = 32 \text{ M}$$

2. Diketahui : 5 mol  $\text{PCl}_5$  dimasukkan dalam wadah 2 liter lalu dipanaskan pada  $250^\circ\text{C}$  dan terjadi reaksi:  
 $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$   
 Keadaan kesetimbangan tercapai saat  $\text{PCl}_5$  terurai 60%.

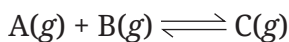
Ditanyakan :  $K_c = \dots?$

Jawab:

	$\text{PCl}_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(g)$	+	$\text{Cl}_2(g)$
Awal	5 mol				
Reaksi	60% = 3 mol		3 mol		3 mol
Setimbang	2 mol		3 mol		3 mol

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]^2} = \frac{\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ l}} \times \frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ l}}}{\frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ l}}} = 1,5 \times 1,5 \text{ M} = 2,25 \text{ M}$$

3. Diketahui : 3 mol gas A, 3 mol gas B, dan 4 mol gas C dimasukkan dalam wadah tertutup dan terjadi reaksi:



Tekanan dalam bejana = 5 atm

- Ditanyakan : a. Tekanan parsial masing-masing gas saat kesetimbangan  
b. Nilai  $K_p$

Jawab:

Tekanan parsial masing-masing gas:

$$P_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times \text{tekanan dalam bejana} \\ = \frac{3 \text{ mol}}{10 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

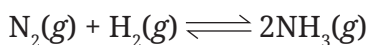
$$P_B = \frac{3 \text{ mol}}{10 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

$$P_C = \frac{4 \text{ mol}}{10 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 2 \text{ atm}$$

Nilai  $K_p$  reaksi tersebut:

$$K_p = \frac{P_C}{P_A P_B} = \frac{2 \text{ atm}}{1,5 \text{ atm} \times 1,5 \text{ atm}} = 0,88 \text{ atm}^{-1}$$

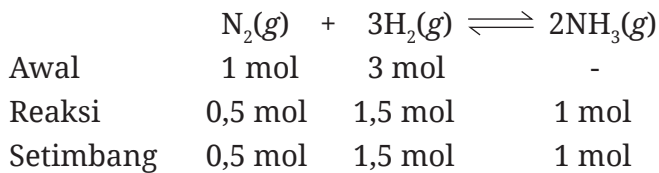
4. Diketahui : 1 mol gas nitrogen dan 3 mol gas hidrogen dipanaskan pada 400 K dalam bejana tertutup bertekanan 5 atm dan terjadi reaksi:



Mol gas nitrogen saat setimbang = 0,5 mol

Ditanyakan : nilai  $K_p$  dan  $K_c = \dots$ ?

Jawab:



Tekanan parsial masing-masing gas:

$$P_{\text{N}_2} = \frac{\text{mol N}_2}{\text{mol total}} \times \text{tekanan dalam bejana}$$

$$= \frac{0,5 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 0,83 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{1,5 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 2,5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 1,67 \text{ atm}$$

Maka nilai  $K_p$ -nya adalah:

$$K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2})(P_{\text{H}_2})^3} = \frac{(1,67 \text{ atm})^2}{0,83 \text{ atm} \times (2,5 \text{ atm})^3} = 0,21 \text{ atm}^{-2}$$

Adapun nilai  $K_c$ :

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,21 \text{ atm}^{-2}}{(0,082 \text{ l.atm.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 400 \text{ K})^{(2-4)}} \\ &= 0,21 \text{ atm}^{-2} \times (32,8 \text{ l.atm.mol}^{-1})^2 \\ &= 6,88 \text{ l}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \end{aligned}$$



## Subbab: D. Pergeseran Kesetimbangan Kimia

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Keempat: Pergeseran Kesetimbangan Kimia

### 1. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan.
- Peserta didik diharapkan mampu menganalisis pengaruh konsentrasi, suhu, tekanan, dan volume terhadap kesetimbangan kimia.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- Peserta didik perlu diberi penguatan kembali mengenai konsep kesetimbangan kimia, kesetimbangan homogen, dan kesetimbangan heterogen, serta tetapan kesetimbangan, baik  $K_c$  maupun  $K_p$ .
- Peserta didik cenderung miskonsepsi dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan. Misalnya, mereka menganggap penambahan konsentrasi reaktan akan meningkatkan nilai konstanta kesetimbangan  $K_c$ . Miskonsepsi yang lain, mereka menganggap penambahan suhu reaksi tidak memengaruhi nilai tetapan kesetimbangan  $K_c$ .
- Guru dapat mengantisipasi miskonsepsi tersebut dengan memberikan penekanan bahwa nilai  $K_c$  tidak akan berubah dengan penambahan konsentrasi reaktan atau pengurangan konsentrasi produk. Faktor yang memengaruhi nilai  $K_c$  adalah perubahan suhu.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- Guru mengingatkan kembali kepada peserta didik terkait persamaan reaksi kesetimbangan kimia dan penyetaraannya.
- Guru menanyakan kembali kepada peserta didik mengenai pengertian kesetimbangan kimia.

3. Guru menanyakan kembali kepada peserta didik, apakah mereka masih ingat dengan kesetimbangan homogen dan heterogen.

#### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Guru meminta peserta didik bekerja secara berkelompok, masing-masing beranggotakan 3–4 orang.
2. Guru membagi sebagian kelompok untuk mendiskusikan pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan, sebagian lagi mendiskusikan pengaruh suhu terhadap kesetimbangan, dan sebagian lainnya mendiskusikan pengaruh tekanan dan volume terhadap kesetimbangan.
3. Guru meminta perwakilan kelompok menyampaikan hasil diskusi mereka berdasarkan bacaan dari buku siswa diperkaya dari sumber lain jika memungkinkan.

#### **c. Aplikasi Konsep**

Setelah peserta didik mendiskusikan tentang faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia, maka untuk mengecek pemahamannya, mereka diajak untuk mengerjakan Ayo Berlatih secara berkelompok.

#### **d. Refleksi Pembelajaran**

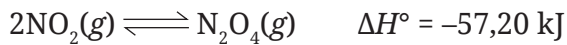
1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari.
2. Peserta didik ditanya mengenai hal-hal yang masih belum mereka pahami.

#### **e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Guru menekankan kembali kepada peserta didik bahwa pemahaman dan penguasaan konsep terkait faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia penting untuk dikuasai, terutama dalam proses produksi bahan kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan yang akan dibahas lebih lanjut pada subbab E.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Berlatih Subbab D**

Diketahui reaksi kesetimbangan berikut.



Dari reaksi tersebut dapat dijabarkan mengenai hal-hal berikut.

1. Apabila suhu dinaikkan maka akan menggeser kesetimbangan ke arah reaksi endotermis, sedangkan apabila suhu diturunkan akan menggeser kesetimbangan ke arah reaksi eksoterm. Untuk reaksi di atas,  $\Delta H$  bernilai negatif, berarti reaksi ke arah produk adalah eksotermis dan reaksi ke arah reaktan adalah endotermis. Penambahan suhu akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah reaksi endotermis, yaitu ke arah pembentukan reaktan (ke kiri).
2. Jika tekanan dikurangi (tentunya dengan menambah volume) maka reaksi akan bergeser ke arah koefisien yang lebih besar (artinya jumlah gas menjadi bertambah). Dalam kasus reaksi ini, koefisien di sisi reaktan lebih besar sehingga pengurangan tekanan akan membuat reaksi bergeser ke arah kiri atau ke arah reaktan.
3. Penambahan konsentrasi gas akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah sebaliknya. Dengan menambahkan konsentrasi nitrogen dioksida akan menyebabkan reaksi bergeser ke kanan atau ke arah pembentukan produk.
4. Mengambil dinitrogen tetraoksida akan menyebabkan konsentrasi gas ini berkurang. Pengurangan konsentrasi gas dalam kesetimbangan menyebabkan reaksi akan bergeser ke arah gas tersebut. Maka dalam kasus ini kesetimbangan bergeser ke arah kanan atau ke arah pembentukan produk.

## Subbab: E. Keseimbangan Kimia dalam Dunia Industri

### Alokasi Waktu:

1 kali pertemuan, 2 jam pelajaran

## Pertemuan Keempat: Keseimbangan Kimia dalam Dunia Industri

### 1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan mengenai penerapan keseimbangan kimia dalam dunia industri, salah satunya dengan mempresentasikan proses Haber-Bosch dalam pembuatan amonia.

### 2. Pengetahuan Prasyarat dan Konsepsi

- a. Peserta didik perlu diberi penguatan kembali mengenai konsep keseimbangan kimia, khususnya mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keseimbangan kimia.
- b. Peserta didik mempunyai literasi keuangan untuk memprediksi optimasi dari proses produksi dilihat dari harga-harga bahan baku yang digunakan dalam reaksi keseimbangan kimia di dunia industri.
- c. Peserta didik cenderung mengalami miskonsepsi terkait penerapan keseimbangan kimia dalam dunia industri, di antaranya mereka menganggap katalis yang digunakan dalam reaksi Haber-Bosch memengaruhi tetapan keseimbangan.

Guru bisa mengantisipasi miskonsepsi ini dengan menekankan bahwa dalam dunia industri digunakan katalis untuk mempercepat laju reaksi sehingga keseimbangan kimia cepat tercapai, tetapi tidak mengubah tetapan keseimbangan kimia.

### 3. Tahapan Pembelajaran

#### a. *Apersepsi*

1. Guru mengingatkan kembali kepada peserta didik terkait persamaan faktor-faktor yang memengaruhi keseimbangan kimia.

2. Guru menekankan bahwa kesetimbangan kimia sangat terkait dengan kehidupan kita sebagai negara agraris. Sebagai negara agraris, petani-petani di Indonesia memerlukan pupuk, salah satunya urea. Untuk membuat urea diperlukan amonia yang diperoleh dengan proses yang melibatkan kesetimbangan kimia.

### **b. Konstruksi Pengetahuan**

1. Guru meminta peserta didik bekerja secara berkelompok yang beranggotakan 3-4 orang.
2. Guru memberikan tugas kepada peserta didik untuk membaca subbab E, kemudian mengajaknya untuk membuat infografis atau poster mengenai pembuatan amonia melalui proses Haber-Bosch.
3. Guru mengajak peserta didik untuk mempresentasikan proses Haber-Bosch dengan menggunakan alat bantu berupa poster yang mereka buat sendiri.

### **c. Aplikasi Konsep**

Setelah mempresentasikan proses Haber-Bosch yang merupakan penerapan kesetimbangan kimia dalam dunia industri, peserta didik diajak untuk membaca materi pengayaan. Materi pengayaan diakhiri dengan reaksi pada proses Haber-Bosch dan peserta didik diajak untuk mendiskusikan pertanyaan yang ada pada pengayaan. Alternatif jawaban untuk ajakan berpikir di bagian akhir pengayaan adalah sebagai berikut.

Banyak faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia, seperti yang sudah dibahas sebelumnya. Untuk mengoptimalkan hasil pada proses pembuatan amonia di skala industri, tentu prinsip Le Chatelier perlu diperhatikan.

1. Konsentrasi produk dan reaktan  
Penambahan konsentrasi reaktan dan pengurangan konsentrasi produk adalah salah satu cara yang digunakan untuk

meningkatkan hasil amonia. Untuk efisiensi biaya tentunya produsen akan memilih untuk mengurangi konsentrasi produk dengan cara mengeluarkan produk ammonia dari sistem. Produsen juga harus memerhatikan biaya produksi, mana yang lebih mahal antara nitrogen atau hidrogen. Untuk saat ini, harga gas alam lebih mahal dari nitrogen, sehingga kalau harus menyediakan reaktan dalam jumlah yang berlebih maka produsen cenderung menyediakan nitrogen dalam jumlah berlebih dibanding hidrogen. Jadi, literasi keuangan diperlukan juga dalam memahami kesetimbangan kimia.

## 2. Suhu

Perlu diingat bahwa reaksi pembuatan amonia adalah reaksi eksotermik sehingga kalau menaikkan suhu tentu akan membuat reaksi kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan reaktan, dan ini tidak diinginkan produsen. Sedangkan jika temperatur diturunkan maka laju reaksi akan melambat (ingat, faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi). Oleh karena itu, perlu diatur suhu optimal pada 400-450°C.

## 3. Tekanan

Jika diperhatikan reaksi pembentukan amonia maka untuk menghasilkan produk perlu dilakukan dengan menaikkan tekanan. Akan tetapi, untuk menaikkan tekanan tentu akan memerlukan biaya produksi yang tinggi, dan ini tentu tidak diinginkan produsen. Oleh karena itu, perlu juga diatur tekanan optimal sebesar 200 atm.

## 4. Katalis (pengayaan)

Katalis tidak memengaruhi kesetimbangan, tetapi katalis dapat mempercepat laju reaksi sehingga kesetimbangan kimia dapat cepat tercapai. Penambahan katalis diberikan bukan berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan, lebih kepada katalis mempercepat terjadinya reaksi.

**d. Refleksi Pembelajaran**

1. Peserta didik diajak untuk berdiskusi hal-hal yang dipelajari.
2. Peserta didik ditanya mengenai hal-hal yang belum mereka pahami terkait penerapan kesetimbangan kimia dalam proses Haber-Bosch.

**e. Tindak Lanjut Pembelajaran**

Guru menekankan kembali kepada peserta didik bahwa konsep kesetimbangan kimia adalah salah satu konsep penting bagi industri kimia. Peserta didik diajak untuk mencari penerapan kesetimbangan kimia dalam dunia industri serta mengkaji hal-hal apa saja yang akan mereka lakukan sekiranya mereka jadi pelaku usaha.

**f. Kunci Jawaban: Ayo Cek Pemahaman**

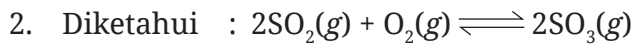
**Pilihan Ganda**

1. Diketahui reaksi kesetimbangan berikut.



$$\text{Maka } K_c = \frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^2}{[\text{NO}_2]^2}$$

Dari persamaan tersebut, harga  $K_c$  akan menjadi kecil jika konsentrasi produk berkurang atau konsentrasi reaktan bertambah. Dengan kata lain, reaksi kesetimbangan harus digeser ke arah kiri. Namun, perlu diingat bahwa nilai  $K_c$  tidak akan berubah dengan penambahan konsentrasi reaktan atau pengurangan konsentrasi produk. Faktor yang memengaruhi nilai  $K_c$  adalah perubahan suhu. Jadi, untuk menggeser kesetimbangan ke arah kiri (ke arah reaksi endotermik), caranya dengan menaikkan suhu. (Jawab: d)



$$K_p = 0,345$$

$$P_{\text{SO}_2} = 0,215 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = 0,679 \text{ atm}$$

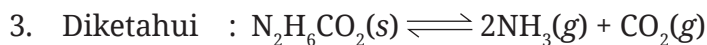
Ditanyakan :  $P_{\text{SO}_3} = \dots?$

Jawab:

$$K_p = \frac{P_{\text{SO}_3}^2}{P_{\text{SO}_2}^2 \times P_{\text{O}_2}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{SO}_3} &= \sqrt{K_p \times P_{\text{SO}_2}^2 \times P_{\text{O}_2}} \\ &= \sqrt{0,345 \times (0,215)^2 \times 0,679} \\ &= 0,104 \text{ atm} \end{aligned}$$

(Jawab: b)



$$P_{\text{total}} = 0,116 \text{ atm}$$

Ditanyakan :  $K_p = \dots?$

Jawab:

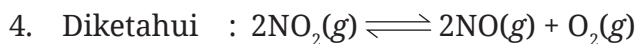
Kita gunakan perbandingan koefisien untuk menghitung tekanan parsial gas  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$ .

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} \times 0,116 \text{ atm} = 0,077 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{1}{3} \times 0,116 \text{ atm} = 0,039 \text{ atm}$$

$$K_p = P_{\text{NH}_3}^2 \times P_{\text{CO}_2} = (0,077)^2 \times 0,039 = 2,31 \times 10^{-4}$$

(Jawab: e)



Volume wadah tertutup = 1,5 liter

Pada kesetimbangan terdapat 3 mol NO, 4,5 mol  $\text{O}_2$ , dan 15 mol  $\text{NO}_2$

Ditanyakan :  $K_c = \dots?$

Jawab:



$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2}$$

$$= \frac{\left(\frac{3 \text{ mol}}{1,5 \text{ l}}\right)^2 \times \frac{4,5 \text{ mol}}{1,5 \text{ l}}}{\left(\frac{15 \text{ mol}}{1,5 \text{ l}}\right)^2} = \frac{9 \times 3}{225} \text{ mol.l}^{-1} = 0,12 \text{ mol.l}^{-1}$$

(Jawab: a)

5. Diketahui reaksi:



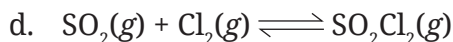
Jumlah gas NOCl bertambah bila:

- Suhu diturunkan sehingga kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi eksotermik (ke kanan).
- Gas NO dan Cl<sub>2</sub> ditambah dan/atau gas NOCl yang terbentuk diambil.
- Tekanan diperbesar atau volume wadah diperkecil sehingga kesetimbangan bergeser ke arah produk atau sisi yang memiliki koefisien reaksi yang lebih kecil.

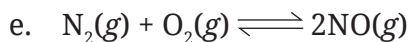
(Jawab: a)

### **Uraian**

1. Memperbesar tekanan akan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke sisi dengan koefisien yang lebih kecil. Maka:

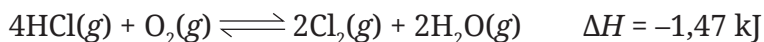


Tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah produk.



Tekanan diperbesar, tidak berpengaruh.

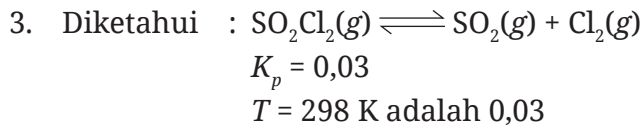
2. Reaksi harus disetarakan terlebih dahulu:



Untuk meraih keuntungan optimal perlu dilakukan:

- Pengambilan produk gas klorida (dengan mengurangi konsentrasi produk maka kesetimbangan bergeser ke kanan)

- b. Penurunan suhu (kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksotermik)
- c. Penambahan tekanan (kesetimbangan bergeser ke arah reaksi dengan koefisien yang lebih kecil, yaitu produk)



Ditanyakan :  $K_c = \dots?$

Jawab:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$= \frac{0,03}{(0,082 \text{ l.atm.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K})^1}$$

$$= 0,0012 \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$$

$$= 1,2 \times 10^{-3} \text{ M.atm}^{-1}$$

### g. Alternatif Pembelajaran

Pada pembelajaran Bab Kestimbangan Kimia ini, pendidik bisa menggunakan berbagai metode pembelajaran, baik *inquiry*, *discovery*, *cooperative learning*, *problem based learning*, *project based learning*, maupun gabungan dari beberapa metode. Misalnya pada pembelajaran prinsip Le Chatellier, peserta didik bisa dibagi menjadi beberapa kelompok membuat proyek berupa infografis faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan kimia. Bisa juga pendekatan *problem based* digunakan mempelajari optimasi produk kesetimbangan kimia dengan memerhatikan kondisi reaksi.

Pendidik juga bisa menerapkan pembelajaran kooperatif dengan membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok dan menugaskan setiap kelompok dengan tugas yang berbeda untuk berdiskusi secara klasikal.

#### **h. Alternatif Media, Sarana, dan Prasarana**

Untuk pembelajaran pada Bab Kestimbangan kimia ini, pendidik dapat menggunakan beberapa media pembelajaran seperti PPT, klip singkat, video animasi, dan lembar kerja yang berisi studi kasus.

#### **i. Program Remedial dan Pengayaan**

##### **1. Remedial**

- Pembelajaran remedial dilakukan bagi peserta didik yang CP-nya belum tuntas.
- Beberapa alternatif kegiatan remedial yang dapat dilakukan misalnya tes ulang setelah pendidik memberikan *review* materi, menggunakan tutor sebaya untuk membantu peserta didik memahami pelajaran, atau dengan memberikan penugasan, misalnya membuat peta pikiran dari Bab Kestimbangan Kimia.

##### **2. Pengayaan**

Bagi peserta didik yang sudah mencapai nilai ketuntasan, diberikan pembelajaran pengayaan sebagai berikut.

- Peserta didik yang mencapai nilai  $n$  (ketuntasan)  $< n < n$  (maksimum), diberikan materi yang masih dalam cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.
- Peserta didik yang mencapai nilai  $n > n$  (maksimum), diberikan materi melebihi cakupan CP dengan pendalaman sebagai pengetahuan tambahan.

#### **j. Interaksi Guru dengan Orang Tua/Wali**

##### **Bentuk interaksi**

- Laporan tertulis yang bersifat deskriptif dari guru kepada orang tua peserta didik maupun sebaliknya dalam bentuk grup WA/Telegram/IG/email/buku laporan disesuaikan kondisi masing-masing sekolah.
- Laporan lisan (telepon atau bertemu langsung)

<b>Kegiatan yang dilaporkan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas pembelajaran pada buku siswa</li> <li>• Tugas rumah yang perlu dimonitor oleh orang tua</li> </ul>
<b>Hal-hal yang dilaporkan dan didiskusikan</b>	Kemajuan tugas-tugas yang dilakukan peserta didik dan ketuntasan belajar peserta didik.
<b>Hal-hal tambahan yang perlu diperhatikan</b>	<p>Orang tua memperhatikan batas waktu pengumpulan tugas.</p> <p>Pada saat peserta didik menggunakan gawai, perlu pengawasan terhadap:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan gawai untuk bermain <i>game</i>.</li> <li>• Situs-situs yang tidak mendidik yang mungkin diakses oleh peserta didik.</li> <li>• Peserta didik menghabiskan waktu lebih banyak untuk mengakses media sosial.</li> </ul>

#### **k. Refleksi**

Setelah menyelesaikan proses pembelajaran pada Bab Keseimbangan Kimia, pendidik melakukan refleksi dengan mencatat hal-hal yang sudah disampaikan kepada peserta didik, hasil pembelajaran yang sudah dicapai dan yang belum diselesaikan, serta membuat rencana perbaikan proses pembelajaran pada masa yang akan datang.

# Lampiran

**Tabel 1** Perubahan entalpi pembentukan standar dari beberapa senyawa

Senyawa	$\Delta H_f^\circ$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )	Senyawa	$\Delta H_f^\circ$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
H <sub>2</sub> O(l)	-285,80	CH <sub>3</sub> OH(g)	-200,66
H <sub>2</sub> O(s)	-292,00	CCl <sub>4</sub> (l)	-135,44
H <sub>2</sub> O(g)	-242,00	NH <sub>3</sub> (g)	-46,11
CO <sub>2</sub> (g)	-393,50	HNO <sub>3</sub> (l)	-174,10
CO(g)	-110,50	NO(g)	+90,25
NaCl(s)	-411,15	NO <sub>2</sub> (g)	+33,20
CH <sub>4</sub> (g)	-74,80	PCl <sub>3</sub> (g)	-287,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	+227	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (s)	-333,51
CaO(s)	-635,09	SO <sub>2</sub> (g)	-296,83
CaCl <sub>2</sub> (s)	-795,8	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-126

**Tabel 2** Beberapa nilai energi ikatan rata-rata (kJ.mol<sup>-1</sup>)

Ikatan	Energi ikatan rata-rata (kJ.mol <sup>-1</sup> )	Ikatan	Energi ikatan rata-rata (kJ.mol <sup>-1</sup> )	Ikatan	Energi ikatan rata-rata (kJ.mol <sup>-1</sup> )
C—H	414	H—H	436,4	N—P	209
C—C	347	H—N	460	N—O	176
C=C	620	H—O	393	O—O	142
C≡C	812	H—S	368	O=O	498,7
C—N	276	H—P	326	O=P	502
C=N	615	H—F	568,2	O=S	469
C≡N	891	H—Cl	431,9	P—P	197
C—O	351	H—Br	366,1	P=P	489
C=O	745	H—I	298,3	S—S	268
C—P	263	N—N	193	S=S	325
C—S	255	N=N	418	F—F	146,9
C=S	477	N≡N	914,4	Cl—Cl	242,7
C—Cl	238				

# TABEL PERIODIK UNSUR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	IA																		VIIIA
1	1 <b>H</b> Hidrogen 1.00794																		2 <b>He</b> Helium 4.0026
2	3 <b>Li</b> Litium 6.941	4 <b>Be</b> Berilium 9.0122											5 <b>B</b> Boron 10.811	6 <b>C</b> Karbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oksigen 15.999	9 <b>F</b> Fluor 18.998	10 <b>Ne</b> Neon 20.180	
3	11 <b>Na</b> Natrium 22.990	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305											13 <b>Al</b> Aluminium 26.982	14 <b>Si</b> Silikon 28.086	15 <b>P</b> Fosfor 30.974	16 <b>S</b> Belerang 32.065	17 <b>Cl</b> Klor 35.453	18 <b>Ar</b> Argon 39.948	
4	19 <b>K</b> Kalium 39.098	20 <b>Ca</b> Kalsium 40.078	21 <b>Sc</b> Skandium 44.956	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.942	24 <b>Cr</b> Kromium 51.996	25 <b>Mn</b> Mangan 54.938	26 <b>Fe</b> Besi 55.845	27 <b>Co</b> Kobal 58.933	28 <b>Ni</b> Nikel 58.693	29 <b>Cu</b> Tembaga 63.546	30 <b>Zn</b> Seng 65.387	31 <b>Ga</b> Galium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.640	33 <b>As</b> Arsen 74.922	34 <b>Se</b> Selenium 78.960	35 <b>Br</b> Bromin 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798	
5	37 <b>Rb</b> Rubidium 85.468	38 <b>Sr</b> Stronsium 87.620	39 <b>Y</b> Itrium 88.906	40 <b>Zr</b> Zirkonium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.906	42 <b>Mo</b> Molibdenum 95.950	43 <b>Tc</b> Teknesium 98	44 <b>Ru</b> Rutenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rodium 102.91	46 <b>Pd</b> Paladium 106.42	47 <b>Ag</b> Perak 107.87	48 <b>Cd</b> Kadmium 112.41	49 <b>In</b> Indium 114.82	50 <b>Sn</b> Timah 118.71	51 <b>Sb</b> Antimon 121.76	52 <b>Te</b> Telurium 127.60	53 <b>I</b> Yodium 126.90	54 <b>Xe</b> Xenon 131.29	
6	55 <b>Cs</b> Sesium 132.91	56 <b>Ba</b> Barium 137.33	57-71	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.95	74 <b>W</b> Wolfram 183.84	75 <b>Re</b> Renium 186.21	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.22	78 <b>Pt</b> Platina 195.08	79 <b>Au</b> Emas 196.97	80 <b>Hg</b> Raksa 200.59	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Timbal 207.20	83 <b>Bi</b> Bismut 208.98	84 <b>Po</b> Polonium 209	85 <b>At</b> Astatin 210	86 <b>Rn</b> Radon 222	
7	87 <b>Fr</b> Fransium 223	88 <b>Ra</b> Radium 226	89-103	104 <b>Rf</b> Rutherfordium 261	105 <b>Db</b> Dubnium 262	106 <b>Sg</b> Seaborgium 266	107 <b>Bh</b> Bohrium 264	108 <b>Hs</b> Hassium 269	109 <b>Mt</b> Meitnerium 278	110 <b>Ds</b> Darmstadtium 281	111 <b>Rg</b> Roentgenium 282	112 <b>Cn</b> Kopernisium 285	113 <b>Nh</b> Nihonium 286	114 <b>Fl</b> Flerovium 289	115 <b>Mc</b> Moscovium 289	116 <b>Lv</b> Livermorium 293	117 <b>Ts</b> Tennessine 294	118 <b>Og</b> Oganesson 294	
				57 <b>La</b> Lantanum 138.91	58 <b>Ce</b> Sesium 140.12	59 <b>Pr</b> Praseodimium 140.91	60 <b>Nd</b> Neodimium 144.24	61 <b>Pm</b> Prometium 145	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.96	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.93	66 <b>Dy</b> Disprosium 162.5	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93	68 <b>Er</b> Erbium 167.26	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93	70 <b>Yb</b> Iterbium 173.04	71 <b>Lu</b> Lutesium 174.97	
				89 <b>Ac</b> Aktinium 227	90 <b>Th</b> Thorium 232.04	91 <b>Pa</b> Protaktinium 231.04	92 <b>U</b> Uranium 238.03	93 <b>Np</b> Neptunium 237.05	94 <b>Pu</b> Plutonium 244	95 <b>Am</b> Amerisium 243	96 <b>Cm</b> Kuriun 247	97 <b>Bk</b> Berkelium 247	98 <b>Cf</b> Kalifornium 251	99 <b>Es</b> Einsteinium 252	100 <b>Fm</b> Fermium 257	101 <b>Md</b> Mendelevium 258	102 <b>No</b> Nobelium 259	103 <b>Lr</b> Lawrensium 262	

**LOGAM**

- C** Padat
- Hg** Cair
- H** Gas
- Rf** Unknown

**NON-LOGAM**

- Logam alkali
- Logam alkali tanah
- Lantanida
- Aktinida
- Logam transisi
- Post-transisi logam
- Metaloide
- Non-logam lainnya
- Gas mulia

Nomor Atom  
 Simbol Elemen  
 Nama Elemen  
 Massa Atom

# Glosarium

- afinitas elektron** perubahan energi yang terjadi ketika suatu atom dalam keadaan gas menerima elektron.
- aktivitas belajar** kegiatan belajar yang dilakukan oleh peserta didik termasuk di dalamnya kegiatan visual, lisan, mendengarkan, menggambarkan, motorik, mental, dan emosional.
- alokasi waktu** waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pembelajaran satu bahan ajar.
- alur tujuan pembelajaran** rangkaian tujuan pembelajaran yang tersusun secara sistematis dan logis di dalam fase secara utuh dan menurut urutan pembelajaran sejak awal hingga akhir suatu fase. Alur ini disusun secara linear sebagaimana urutan kegiatan pembelajaran yang dilakukan dari hari ke hari untuk mengukur Capaian Pembelajaran.
- apersepsi** pengamatan secara sadar (penghayatan) tentang segala sesuatu dalam jiwanya (dirinya) sendiri yang menjadi dasar perbandingan serta landasan untuk menerima ide baru.
- aplikasi konsep** penerapan konsep yang dipelajari dalam kehidupan sehari-hari.
- bernalar kritis** memiliki kemampuan berpikir kritis.
- bilangan kuantum** bilangan yang menyatakan kedudukan atau posisi elektron dalam atom yang diwakili oleh suatu nilai yang menjelaskan kuantitas kekal dalam sistem dinamis.
- capaian pembelajaran** kompetensi pembelajaran yang harus dicapai peserta didik pada setiap tahap perkembangan untuk setiap mata pelajaran pada satuan pendidikan, yang meliputi pendidikan usia dini, pendidikan dasar,

dan pendidikan menengah. Capaian Pembelajaran memuat sekumpulan kompetensi dan lingkup materi yang disusun secara komprehensif dalam bentuk narasi.

<b>dunia lambang</b>	dalam ilmu kimia terdapat lambang-lambang yang mewakili suatu materi.
<b>dunia makroskopis</b>	pengamatan fenomena kimia atau persepsi langsung yang dialami oleh seseorang dari percobaan di laboratorium atau kehidupan sehari-hari.
<b>dunia submikroskopis</b>	pembelajaran pada partikel yang dipelajari yang menghasilkan fenomena pada dunia makroskopis.
<b>eksotermik</b>	proses perubahan zat yang disertai pelepasan kalor dari sistem ke lingkungan.
<b>eksperimen virtual</b>	percobaan (praktikum) dengan menggunakan laboratorium maya.
<b>elektron</b>	partikel pembentuk atom yang mengelilingi inti dan bermuatan negatif.
<b>elektron valensi</b>	elektron yang berada pada kulit terluar suatu atom.
<b>endotermik</b>	proses perubahan zat yang disertai penyerapan kalor dari lingkungan ke sistem.
<b>energi aktivasi</b>	energi kinetik total minimum yang harus dimiliki oleh molekul ketika bertumbukan agar reaksi kimia dapat terjadi.
<b>energi ikatan</b>	energi yang dibutuhkan untuk memutuskan suatu ikatan kimia.
<b>energi ionisasi</b>	energi yang dibutuhkan suatu atom dalam keadaan gas untuk melepaskan satu elektron membentuk kation.
<b>entalpi</b>	fungsi termodinamika yang digunakan untuk mendeskripsikan proses pada tekanan konstan.
<b>fase F</b>	fase terakhir pada capaian pembelajaran.
<b>gaya van der Waals</b>	gaya antarmolekul yang terjadi pada molekul polar-polar, molekul polar-nonpolar, dan molekul nonpolar-nonpolar.
<b>hukum Hess</b>	hukum yang menyatakan bahwa jika dua atau lebih persamaan kimia digabungkan lewat penjumlahan



atau pengurangan dan menghasilkan persamaan lain maka penjumlahan atau pengurangan perubahan entalpi untuk kedua persamaan tersebut juga menghasilkan perubahan entalpi yang berkaitan dengan persamaan reaksinya.

<b>ikatan hidrogen</b>	ikatan antarmolekul yang terjadi antara molekul yang memiliki atom hidrogen dengan molekul lain yang memiliki atom dengan keelektronegatifan yang tinggi (atom F, O, dan N).
<b>ikatan ion</b>	ikatan kimia yang terjadi karena adanya gaya elektrostatis antara ion positif dan ion negatif dalam senyawa ion.
<b>ikatan kovalen</b>	ikatan kimia antara atom dengan atom karena pemakaian bersama pasangan elektron.
<b>ikatan kovalen koordinasi</b>	ikatan kimia antara atom dengan atom, tetapi pasangan elektron yang dipakai bersama berasal dari salah satu atom.
<b>inti atom</b>	bagian dari atom, berisi proton yang bermuatan positif dan neutron yang tidak bermuatan.
<b>isomer</b>	dua senyawa atau lebih yang memiliki rumus kimia yang sama, tetapi struktur atau penataan ruangnya berbeda.
<b>jari-jari atom</b>	jarak antara inti atom sampai dengan elektron pada kulit terluar.
<b>kaidah kerja ilmiah</b>	ketentuan yang harus diikuti untuk melakukan pekerjaan dengan metode ilmiah yang runut dan terstruktur.
<b>kaidah oktet</b>	kaidah yang menjadi dasar terbentuknya kestabilan suatu atom dengan memiliki jumlah elektron sama seperti unsur gas mulia, yaitu delapan elektron.
<b>kalor</b>	salah satu bentuk energi yang diserap atau dilepaskan oleh suatu materi.
<b>kalorimeter</b>	alat yang dipakai untuk menentukan kalor reaksi.
<b>kalorimetri</b>	ilmu yang mempelajari pengukuran panas dari suatu reaksi kimia.
<b>kebinekaan global</b>	perasaan menghormati keberagaman
<b>keelektronegatifan</b>	ukuran kemampuan suatu atom untuk mengikat elektron.

- kegiatan demonstrasi** kegiatan praktikum yang dilakukan oleh pendidik dan diperhatikan (disimak) oleh peserta didik.
- kemampuan numerasi** kemampuan peserta didik untuk memecahkan masalah hitungan secara matematis dan berpikir tingkat tinggi.
- kerja ilmiah** suatu prosedur atau tata cara sistematis yang digunakan para ilmuwan untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi.
- keterampilan rekayasa** kemampuan untuk menerapkan ilmu teknologi untuk menyelesaikan permasalahan manusia.
- keterampilan saintifik** kemampuan untuk melakukan percobaan secara ilmiah untuk memecahkan suatu masalah ilmiah.
- kesetimbangan homogen** suatu keadaan di mana semua unsur atau senyawa yang berada pada sistem kesetimbangan mempunyai fase yang sama.
- kesetimbangan heterogen** suatu keadaan di mana semua unsur atau senyawa yang berada pada sistem kesetimbangan mempunyai fase yang berbeda.
- kognitif** semua aktivitas mental yang membuat suatu individu mampu menghubungkan, menilai, dan mempertimbangkan suatu peristiwa sehingga individu tersebut mendapatkan pengetahuan setelahnya.
- konstruksi pengetahuan** kegiatan atau proses mental seorang siswa dalam menemukan dan mengubah informasi yang diperoleh sehingga terbentuk pemahaman atau tafsiran secara menyeluruh tentang suatu pengetahuan.
- literasi sains** pengetahuan dan kecakapan ilmiah untuk mampu mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, serta mengambil simpulan berdasar fakta, memahami karakteristik sains, kesadaran bagaimana sains dan teknologi membentuk lingkungan alam, intelektual, dan budaya, serta kemauan untuk terlibat dan peduli terhadap isu-isu yang terkait sains.

<b>materi pokok</b>	pokok-pokok materi pembelajaran yang harus dipelajari siswa sebagai sarana pencapaian kompetensi dan yang akan dinilai dengan menggunakan instrumen penilaian yang disusun berdasarkan indikator pencapaian belajar.
<b>orbital</b>	daerah kebolehjadian menemukan elektron di sekitar inti atom.
<b>pengetahuan prasyarat dan konsepsi</b>	pengetahuan yang harus dimiliki peserta didik sebelum mempelajari materi bab selanjutnya.
<b>peran sosial</b>	peran peserta didik di masyarakat sekitar.
<b>pereaksi pembatas</b>	reaktan yang sudah habis ketika reaktan lain masih bersisa.
<b>pertanyaan pemantik</b>	pertanyaan yang diperlukan untuk mengarahkan peserta didik agar fokus dan tertarik pada materi yang akan dipelajari.
<b>Profil Pelajar Pancasila</b>	perwujudan pelajar Indonesia sebagai pelajar sepanjang hayat yang memiliki kompetensi global dan berperilaku sesuai dengan nilai-nilai Pancasila, dengan enam ciri utama: beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia, berkebinekaan global, bergotong royong, mandiri, bernalar kritis, dan kreatif.
<b>Profil Pelajar Pancasila bernalar kritis</b>	mampu secara objektif memproses informasi baik kualitatif maupun kuantitatif, membangun keterkaitan antara berbagai informasi, menganalisis informasi, mengevaluasi, dan menyimpulkannya. Elemen-elemen dari bernalar kritis adalah memperoleh dan memproses informasi dan gagasan, menganalisis dan mengevaluasi penalaran, merefleksi pemikiran dan proses berpikir, serta mengambil keputusan.
<b>Profil Pelajar Pancasila gotong royong</b>	kemampuan untuk melakukan kegiatan secara bersama-sama dengan suka rela agar kegiatan yang dikerjakan dapat berjalan lancar,

mudah, dan ringan. Elemen-elemen dari bergotong royong adalah kolaborasi, kepedulian, dan berbagi.

- Profil Pelajar Pancasila kreatif** mampu memodifikasi dan menghasilkan sesuatu yang orisinal, bermakna, bermanfaat, dan berdampak. Elemen kunci dari kreatif terdiri atas menghasilkan gagasan yang orisinal serta menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal.
- strategi pembelajaran** rencana tindakan atau rangkaian kegiatan yang dalam penggunaan metode dan pemanfaatan akan keseluruhan sumber daya atau kekuatan demi adanya pembelajaran yang disusun untuk mencapai tujuan pembelajaran.
- reaksi adisi** reaksi penambahan gugus pada ikatan rangkap dengan cara memutuskan ikatan rangkap pada alkena dan alkuna.
- reaksi eliminasi** reaksi pengurangan/eliminasi gugus atau substituen tertentu dari hidrokarbon sehingga terbentuk ikatan rangkap.
- reaksi substitusi** reaksi penggantian atom hidrogen dengan atom lain pada alkana.
- rumus molekul** jumlah sebenarnya dari atom yang menyusun molekul senyawa.
- rumus empiris** perbandingan paling sederhana dari jumlah atom-atom yang menyusun molekul suatu senyawa.
- teori hibridisasi** teori yang menjelaskan orbital-orbital atom yang bergabung menjadi orbital molekul untuk membentuk suatu ikatan.
- tujuan pembelajaran** deskripsi pencapaian tiga aspek kompetensi (pengetahuan, keterampilan, sikap) yang diperoleh peserta didik dalam satu atau lebih kegiatan pembelajaran. Tujuan pembelajaran disusun secara kronologis berdasarkan urutan pembelajaran dari waktu ke waktu yang menjadi prasyarat menuju Capaian Pembelajaran (CP).

# Daftar Pustaka

- Brady, J.E. 1990. *General Chemistry: Principles & Structures*. New York: John Wiley and Sons.
- Effendy. 2007. *Perspektif Baru Kimia Koordinasi, Jilid ke-1*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Ferner, R.E & Aronson J.K. 2015. Cato Guldberg and Peter Waage, the History of the Law of Mass Action, and it's Relevance to Clinical Pharmacology. *British Journal of Clinical Pharmacology*.
- Harwood, R. & Lode, I. 2014. *Cambridge IGCSE Chemistry: Coursebook*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jansoon, N., Coll, R.K., & Somsook, E. 2009. Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 147–168.
- Keenan, W.K., Klienfelter, D.C., & Wood, J.H. 1989. *Kimia untuk Universitas* (terjemahan: A. Hadyana P., jilid I). Jakarta: Erlangga.
- Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 009/H/KR/2022.
- Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 033/H/KR/2022.
- Nuryono, 2018. *Kimia Anorganik: Struktur dan Ikatan*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Petruci, R.H. & Suminar. 1999. *Kimia Dasar: Prinsip dan Terapan Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Reger, D.L., Goode, S.R., & Ball, D.W. 2010. *Chemistry: Principles and Practice, 3<sup>th</sup> Edition*. California: Brooks/Cole.
- Sugiyarto, K.H. 2012. *Dasar-Dasar Kimia Anorganik*. Yogyakarta: Transisi Graha Ilmu.
- Syukri, 1999. *Kimia Dasar I*. Bandung: ITB.
- Toon, T.Y., dkk. 2014. *Chemistry Matters: GCE O Level, 2<sup>nd</sup> Edition*. Singapore: Marshall Cavendish.

# Indeks

## A

- afinitas elektron: 29, 213, 220
- aktivitas belajar: vii, 213, 220
- alkali: 24, 27, 220
- alkana: 93-94, 103-104, 109, 115, 117, 218, 220
- alkena: 93-94, 103-104, 109, 114-115, 117, 218, 220
- alkuna: 93-94, 103-104, 109, 115, 117, 218, 220
- alokasi waktu: 2, 213, 220
- alternatif pembelajaran: 33, 62, 90, 115, 152, 178, 208
- alur tujuan pembelajaran: iv, 2, 8, 213, 220
- apersepsi: 20, 22, 24, 27-28, 41, 45, 47, 50, 52, 54, 58, 70, 72, 75, 80, 84, 98, 102, 104, 109, 127, 129, 131, 133-134, 137, 140, 143, 146, 160, 165, 168, 170, 173, 187, 190, 194, 199, 202, 213, 220
- aplikasi konsep: 2, 11, 21, 23, 27, 29, 42, 46, 48, 51, 53-54, 58, 71, 73, 76, 81, 85, 99, 128, 130, 132, 134-135, 137, 162, 166, 169, 171, 174, 188, 191, 195, 200, 203, 213, 220
- aromatik: 93, 103-104, 220
- asesmen: iii, 3, 6, 12, 219-220
- atom karbon: 93-94, 98-101, 112, 220

## B

- bernalar kritis: 3, 6, 11, 13, 213, 217, 220
- bilangan Avogadro: 87, 220
- bilangan kuantum: 15-16, 22-24, 213, 220

## C

- capaian pembelajaran: iii, iv, v, 2, 6, 9, 213-214, 218, 220

## D

- dipol: 62, 220
- dunia makroskopis: 5, 214, 220
- dunia submikroskopis: 5, 214, 220

## E

- eksotermik: 120, 129-131, 137, 204, 207-208, 214, 220
- eksperimen virtual: 2, 214, 220
- elektron: 15-16, 19-20, 22-25, 29-32, 36, 41, 43-45, 49-50, 52-57, 59-62, 94, 98-100, 213-215, 217, 220-221
- elektron valensi: 54-56, 60-61, 98-100, 214, 220
- endotermik: 120, 129-131, 137, 205, 214, 220
- energi aktivasi: 159, 161, 173, 214, 220
- energi ikatan: 119-120, 146-148, 211, 214, 220
- energi ionisasi: 27-28, 31, 214, 220
- entalpi: 119-120, 133-134, 137, 139-140, 143, 145-147, 151, 182, 211, 214-215, 220, 222

## F

- fase F: 6, 9, 11, 214, 220

## G

- gas ideal: 191, 220
- gas mulia: 41-42, 54, 61, 215, 220
- gaya van der Waals: 36, 58, 62, 214, 220

## H

- Haber-Bosch: 182, 202-203, 205, 220
- halogen: 28-30, 220
- hidrokarbon: v, 5-6, 14, 93-94, 99, 102-104, 108-110, 117-118, 126, 218, 220
- hukum Hess: 119-120, 143-144, 214, 220

- I**
- ikatan hidrogen: 36, 57-58, 215, 221
  - ikatan ion: 35-36, 44-49, 59, 62, 215, 221
  - ikatan kovalen: 36, 47-49, 52, 57-58, 62, 98-100, 146, 215, 221
  - ikatan kovalen koordinasi: 48, 215, 221
  - inti atom: 31-32, 50, 215, 217, 221
  - isomer: 94, 104, 109-110, 112, 114-115, 117, 215, 221
  - isoton: 31, 221
- J**
- jari-jari atom: 26-28, 30-32, 62, 215, 221
- K**
- kaidah kerja ilmiah: 6, 13, 215, 221
  - kaidah oktet: 48, 52, 54, 215, 221
  - kalar: 119-120, 126-128, 131-138, 141, 214-215, 221
  - kalorimeter: 119-120, 131-137, 149, 215, 221
  - kalorimetri: 132, 215, 221
  - katalis: 110, 173-174, 202, 204, 221
  - keelektronegatifan: 28-29, 32, 215
  - kegiatan demonstrasi: 2, 216, 221
  - kemampuan numerasi: 195, 216, 221
  - kepolaran: 35, 52, 221
  - kereaktifan: 15-16, 26-30, 221
  - kerja ilmiah: 6, 11, 13, 215-216, 221
  - kesetimbangan heterogen: 188-189, 199, 216, 221
  - kesetimbangan homogen: 182, 186, 188-190, 199-200, 216, 221
  - keterampilan saintifik: 5, 216, 221
  - klasikal: 33, 63, 85, 116, 153, 178, 208
  - kognitif: 3, 216, 221
  - konfigurasi elektron: 15-16, 22-25, 31, 36, 41, 43-44, 49, 59, 94, 98-99, 221
  - konsep mol: 65-66, 72, 74-75, 80, 84, 90, 120, 156, 159, 182, 221
  - konstruksi pengetahuan: 2, 20, 22, 25, 27, 29, 42, 45, 47, 50, 52, 54, 58, 70, 73, 76, 81, 84, 99, 102, 104, 109, 127, 129, 132-133, 135, 137, 160, 165, 168, 170, 173, 187, 190, 195, 200, 203, 216, 221
- L**
- laju reaksi: 13, 155-156, 159, 161-177, 187, 202, 204, 221
  - Le Chatelier: 203, 221
  - literasi sains: x, 10, 216, 221
- M**
- massa molar: 74, 79, 83, 87-89, 221
  - materi pokok: 2, 217, 221
  - mekanika kuantum: 22-23, 221
  - miskonsepsi: 19, 22, 24, 26, 28, 41, 45, 47, 50, 52-53, 57, 70, 72, 75, 80, 84, 126, 139, 186, 190, 194, 199, 202, 221, 228
  - model atom: 15-16, 19-20, 22, 221
- N**
- neutron: 19-22, 215, 221
  - nomor atom: 16, 221
  - nomor massa: 16, 221
  - nonpolar: 47, 58, 60-62, 221
- O**
- orbital: 24-26, 31, 53-57, 61, 217-218, 221
  - orde reaksi: 155-156, 164-168, 171, 221
- P**
- panduan khusus: iv, v, vi, 2, 14-15, 35, 65, 93, 119, 155, 181, 221
  - panduan umum: iv, v, 1-2, 221
  - pengayaan: ix, 10, 30, 33, 59, 63, 86, 90-91, 116, 149, 153, 174, 178-179, 203-204, 209
  - pengetahuan prasyarat dan konsepsi: iv, 2, 19, 22, 24, 26, 28, 41, 44, 47, 50, 52-53, 57, 69, 72, 75, 80, 84, 98, 102-103, 109, 126, 129, 131, 133-134, 137, 139, 143, 146, 159, 165, 168, 170, 173, 186, 189, 194, 199, 202, 217, 221
  - pereaksi pembatas: 65-66, 80-83, 85, 217, 221
  - persen hasil: 65-66, 83-86, 222

perubahan entalpi: 119-120, 133-134, 137, 139-140, 143, 145-147, 211, 215, 222  
polar: 47, 58, 60-62, 222  
Profil Pelajar Pancasila: iv, v, 2-3, 5-6, 11, 13, 118, 217-218, 222  
proton: 19-20, 22, 32, 215, 222

## R

rantai karbon: 99, 101, 222  
reaksi adisi: 110, 113, 218, 222  
reaksi eliminasi: 110, 113, 218, 222  
reaksi oksidasi: 110, 222  
reaksi penetralan: 136, 222  
reaksi substitusi: 110, 113, 218, 222  
reaktan: 66, 70, 82-83, 88, 146-147, 161-162, 182, 186-187, 199, 201, 203-205, 217, 222  
refleksi: x, 2, 10, 13, 21, 23, 25, 28-29, 34, 42, 46, 48, 51, 53-54, 58, 64, 71, 73, 77, 81, 85, 92, 99, 103-104, 110, 117, 128, 130, 132, 134-135, 138, 140, 144, 147, 149, 154, 162, 166, 169, 171, 174, 180, 188, 192, 195, 200, 205, 210, 222  
remedial: 33, 63, 90-91, 116, 153, 178-179, 209  
rumus empiris: 65-66, 75-79, 88-90, 218, 222  
rumus molekul: 65-66, 75-77, 79, 90, 218, 222

## S

sikloalkana: 114, 222  
sistem periodik unsur: v, 5, 14-16, 20, 24-27, 29, 33-34, 36, 222  
Skema Pembelajaran: iv, v, vi, 2, 16, 37, 67, 95, 121, 157, 183, 222  
stoikiometri: v, 5, 14, 65-66, 69, 71, 73, 84, 90-92, 222, 228  
strategi pembelajaran: iv, 2, 11, 218, 222  
struktur atom: v, 5, 14-16, 19-21, 29, 33-34, 36, 222, 228  
struktur Lewis: 48, 52, 222  
studi literatur: 2, 222  
sudut ikatan: 52, 222

## T

tekanan parsial: 182, 190-193, 197-198, 206, 222  
teori atom: 22-23, 222  
teori hibridisasi: 53-54, 218, 222  
teori VSEPR: 35-36, 51-53, 222  
tetapan kesetimbangan: 181-182, 189-195, 199, 202, 222  
tingkat energi: 22, 145, 151, 222  
tujuan pembelajaran: iv, 2, 8-9, 19, 22, 24, 26, 28, 41, 44, 47, 50-51, 53, 57, 66, 69, 72, 75, 80, 83, 98, 101, 103, 108, 126, 129, 131, 133-134, 137, 139, 143, 146, 159, 164, 168, 170, 173, 186, 189, 194, 199, 202, 213, 218, 220, 222



# Profil Pelaku Perbukuan

## ■ Biodata Penulis

Nama Lengkap : Munasprianto Ramli  
*Email* : munasramli@gmail.com  
Instansi : UIN Syarif Hidayatullah  
Alamat Instansi : Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat  
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia-Pendidikan IPA



### **Riwayat Pekerjaan (10 tahun terakhir):**

Dosen

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3 University of Manchester (2017)
2. S2 McGill University (2006)
3. S1 Kimia Universitas Indonesia (2005)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Indonesian Students' Scientific Literacy in Islamic Junior High School, 2022
2. Membangun Keterampilan Proses Sains Mahasiswa pada Masa Pandemi Melalui Chemistry Home Experiments
3. Assessing Islamic Junior High Schools Students Scientific Literacy Using PISA Released Items

Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):

Tidak ada

Informasi Lain dari Penulis:

<https://scholar.google.nl/citations?user=J96V9A4AAAAJ&hl=en>

## ■ Biodata Penulis

Nama Lengkap : Nanda Saridewi, M.Si.  
Email : nanda.saridewi@uinjkt.ac.id  
Instansi : UIN Syarif Hidayatullah Jakarta  
Alamat Instansi : Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat  
Bidang Keahlian : Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 tahun terakhir):**

Dosen Kimia UIN Syarif Hidayatullah Jakarta (2009–sekarang)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. Pascasarjana Kimia, Universitas Andalas, Padang (2006–2008)
2. Sarjana Kimia, FMIPA, Universitas Andalas, Padang (2002–2006)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Synthesize Metal Organic Frameworks from Chromium Metal Ions and PTCDA Ligands for Methylene Blue Photodegradation, *RASĀYAN Journal of Chemistry* (2022)
2. Synthesis of ZnO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanocomposites through Sonochemical Methods for Methylene Blue Degradation, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis (BCREC)* (2022)
3. Synthesis of NiCo/Hierarchical Zeolite Catalyst for Catalytic Cracking of Jatropha Oil, *RASĀYAN Journal of Chemistry* (2022)

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Informasi Lain dari Penulis:**

<https://scholar.google.co.id/citations?user=2bqc0F4AAAAJ&hl=en> ID

## ■ Biodata Penulis

Nama Lengkap : Tiktik Mustika Budhi, S.Pd.  
Email : tiktikbudhi0510@gmail.com  
Instansi : SMA Negeri 4 Bandung  
Alamat Instansi : Jl. Gardujati No. 20 Bandung  
Bidang Keahlian : Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 tahun terakhir):**

1. Guru Kimia di SMA Al-Falah Kota Bandung (DPK) (1997-2016)
2. Guru Kimia di SMA Negeri 4 Bandung (2016-Sekarang)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

S1 Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI Bandung Tahun 1999

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Upaya Meningkatkan Pemahaman dan Hasil Belajar Kimia pada Materi Sel Volta dengan Menggunakan Metode Inkuiri Terbimbing di Kelas XII MIPA 5/ Semester 1 SMA Negeri 4 Bandung Tahun Ajaran 2019-2020, *Jurnal Multidisiplin Indonesia* (2022).

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

1. Buku Siswa Kimia untuk SMA/SMK Kelas XII, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2021
2. Buku Guru Kimia untuk SMA/SMK Kelas XII, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2021

### **Informasi Lain dari Penulis:**

Tidak ada

## ■ Biodata Penulis

Nama Lengkap : Aang Suhendar, S.Pd., M.Si.  
Email : aang.kimia@gmail.com  
Instansi : SMA Alfa Centauri  
Alamat Instansi : Jalan Diponegoro No. 48 Bandung  
Bidang Keahlian : Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 tahun terakhir):**

1. Guru Kimia SMA Alfa Centauri (2011 - sekarang)
2. Tentor Kimia Sony Sugema College (2011-2018)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S-2 Kimia FMIPA Institut Teknologi Bandung (2016-2018)
2. S-1 Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (2006-2011)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Pasti Bisa Lulus UN 2016 (Penerbit Ruang Kata, Imprint Kawan Pustaka, 2015)
2. Perjuangan, Kisah Perjuangan dan Inspirasi (Penerbit Ikut Lomba, 2019)

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Aang Suhendar, Rukman Hertadi, and Yani F. Alli. Molecular Dynamics Study of Oleic Acid-Based Surfactants for Enhanced Oil Recovery. 2018, *Scientific Contributions Oil & Gas*, Vol. 41. No. 3, December 2018: 125–135

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

Kimia Kelas XII (Kemdikbudristek, 2021)

### **Informasi Lain dari Penulis:**

Tidak ada

## ■ Biodata Penelaah

Nama Lengkap : Roto  
Email : roto05@ugm.ac.id  
Instansi : FMIPA UGM  
Alamat Instansi : Sekip Utara Yogyakarta 55281  
Bidang Keahlian : Kimia material



### **Riwayat Pekerjaan (10 tahun terakhir):**

Dosen di Departemen Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1991–2022)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3 Kimia, University of New Brunswick Canada, 2005
2. S2 Kimia Terapan, Keio University Japan, 1998
3. S1 Kimia, Universitas Gadjah Mada, 1991

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Surface Modification of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  as Magnetic Adsorbents for Recovery of Precious Metals, Intech Open, 2018
2. Panduan Tracer Study, Kantor Jaminan Mutu Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2012
3. Material Canggih, Departemen Kimia FMIPA UGM, Kelompok Riset, Material-Jurusan Kimia UGM Yogyakarta, ISBN 9791707707, 2010

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. 2022, QCM Termodifikasi Nanofiber Polimer dan Metal Oksida sebagai Sensor Senyawa Organik Volatil
2. 2022, Remediasi Sungai Bengawan Solo dari Pencemar Limbah Batik: Studi Potensi Bahaya dan Metode Degradasi
3. 2021, Nanopartikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$  sebagai Adsorben Logam Tanah Jarang
4. dan sebagainya

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Informasi Lain dari Penelaah:**

<https://scholar.google.com/citations?user=kNtj2BQAAAAJ&hl=id>

## ■ Biodata Penelaah

Nama Lengkap : Sri Mulyani  
Email : srimulyani@upi.edu  
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia  
Alamat Instansi : Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung  
Bidang Keahlian : Pendidikan Kimia



### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1985-2022 Dosen di Program Studi Pendidikan Kimia  
FPMIPA UPI

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S3 Pendidikan IPA, konsentrasi Pendidikan Kimia, UPI, 2012
2. S2 Kimia, ITB, 1991
3. S1 Pendidikan Kimia, IKIP Bandung, 1985

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Modul Materi Kurikuler Kimia SMP dan SMA, UT

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Pengembangan Game Edukasi untuk Membangun Model Mental Siswa dalam Kimia, 2022.
2. Studi Strategi Intertekstual untuk Mengatasi *Threshold Concept*, *Troublesome Knowledge*, dan Miskonsepsi Berdasarkan Model Mental Siswa, 2018-2020.
3. dan sebagainya

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

1. Modul Guru Pembelajaran, Mata Pelajaran Kimia SMA, Kelompok Kompetensi A, Pedagogi: Perkembangan Peserta Didik; Profesional: Struktur Atom, Stoikiometri 1, Asam-Basa, Redoks 1, 2016.
2. Modul Guru Pembelajaran, Mata Pelajaran Kimia SMA, Kelompok Kompetensi B, Teori Belajar dan Implementasinya dalam Pembelajaran IPA, 2016.
3. Modul Guru Pembelajaran, Mata Pelajaran Kimia SMA, Kelompok Kompetensi C, Metode dan Pendekatan Pembelajaran, 2016.
4. dan sebagainya

### **Informasi Lain dari Penelaah:**

Tidak ada

## ■ Biodata Penyunting dan Desainer

Nama Lengkap : Harris Syamsi Yulianto

Email : harrissyulianto@gmail.com

Instansi : *Freelancer*

Alamat Instansi : Jl. H. Cepit No. 32 RT 01/03 Jatimulya, Cilodong, Kota Depok

Bidang Keahlian : Pengolah buku

### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. Editor & Desainer *Freelance*, Wirausaha (2016–sekarang)
2. Editor di Penerbit Puspa Swara, Grup Trubus (2009–2016)

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

S1 Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (1999–2004)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

1. Dasar-Dasar Teknik Pesawat Udara untuk SMK Kelas X (2022, Kemdikbud-ristek)
2. Buku Panduan Guru Bahasa Indonesia Tingkat Lanjut SMA/MA Kelas XII (2022, Kemdikbudristek)
3. Sang Penjaga Hutan (2020, Multisarana Nusa Persada)
4. Bara di Rumah Morita (2020, Multisarana Nusa Persada)
5. Merevitalisasi Desa Mengakhiri Marjinalisasi (2019, Puspa Swara)
6. Selayang Pandang Bina Swadaya (2019, Puspa Swara)
7. Kitab Munajatun Nisa': Doa-Doa Mustajab Khusus Wanita (2019, Kaysa Media)
8. dan sebagainya

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):**

Tidak ada

### **Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 tahun terakhir):**

1. Atlas Indonesia & Dunia Terkini & Terlengkap (2018, Puspa Swara)
2. Kumpulan Terlengkap Lagu Wajib Nasional (2018, Puspa Swara)
3. Kumpulan Terlengkap Lagu Daerah (2018, Puspa Swara)

### **Informasi Lain:**

Tidak ada

## ■ Biodata Ilustrator

Nama Lengkap : Arief Firdaus  
Email : aipirdoz@gmail.com  
Instansi : *Freelancer*  
Alamat Instansi : Bekasi  
Bidang Keahlian : Ilustrator, visualizer, dan grafik desainer

### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir):**

Illustrator & Graphic Designer Freelance, 2017–sekarang

### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

S1 Jurusan Desain Komunikasi Visual, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta, 2004

### **Buku yang Pernah Dibuat Ilustrasi/Desain (10 tahun terakhir):**

1. 16 judul buku cerita anak – Direktorat PAUD, Kemendikbud, 2017-2018
2. “Kain Songket Mak Engket” – Penulis: Wylvera W., 2018
3. “Payung Kebohongan” – Penulis: Iwok Abqary, 2019
4. “Bimbim Tidak Mau Mandi” – Penulis: Iwok Abqary, 2019
5. Komik “Jagoan Sungai” – Penulis: Iwok Abqary, 2019
6. “Aku Anak Indonesia, Aku Suka Makan Ikan” – HIMPAUDI, 2019
7. Komik Rabies – Subdit Zoonosis, Kemenkes, 2020

### **Informasi Lain:**

Akun Instagram : aipirdoz

.....

Nama Lengkap : Felia Febriany Gunawan  
Email : feliafebrianyy@gmail.com  
Instagram, website : @ailef\_arts, feliafebrianygunawan.carrd.co  
Bidang Keahlian : Ilustrasi

### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir):**

Freelance Illustrator (2021-sekarang)

### **Karya/Pameran/Eksibisi dan Tahun Pelaksanaan (10 tahun terakhir):**

Pameran Ilustrasi Buku Anak PiBo, Jakarta Content Week 2022, Taman Ismail Marzuki, 2022.

### **Buku yang Pernah Dibuat Ilustrasi/Desain (10 tahun terakhir):**

“Rusa yang Tidak Bersyukur”, Buku Carita Barudak UNPAR, 2021.