

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN KIMIA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI C

**PEDAGOGI:
METODE DAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN**

**Penulis:
Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.**

**PROFESIONAL:
BENTUK MOLEKUL, REDOKS 3, TERMOKIMIA 1,
STOIKIOMETRI 3, LAJU REAKSI 1**

**Penulis :
Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd., dkk**



Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

**MATA PELAJARAN KIMIA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI C

METODE DAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN

Penulis:

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN KIMIA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI C

METODE DAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN

Penulis:

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN KIMIA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI C

METODE DAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penyusun

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.

022-4231191 devipopi@yahoo.co.id

Penyunting

Dr. Indrawati, M.Pd

Penelaah

Dr. Sri Mulyani, M.Si.

Dr. I Nyoman Marsih, M.Si.

Dr. Suharti, M.Si.

Dra. Lubna, M.Si

Angga Yudha, S.Si

Penata Letak

Titik Uswah, S.P., M.Pd.

Copyright ©2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau email p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, dan Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan Kompetensi Guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. PETA KOMPETENSI	2
D. RUANG LINGKUP	3
E. SARAN CARA PENGGUNAAN MODUL	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. METODE PEMBELAJARAN IPA	5
A. TUJUAN	5
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	6
C. URAIAN MATERI	6
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	19
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	21
F. RANGKUMAN	22
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	23
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : PENDEKATAN KETERAMPILAN PROSES	25
A. TUJUAN	25
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	26
C. URAIAN MATERI	26
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	41
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	42
F. RANGKUMAN	45
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	45



KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	47
EVALUASI	49
PENUTUP	53
DAFTAR PUSTAKA	55
GLOSARIUM	57

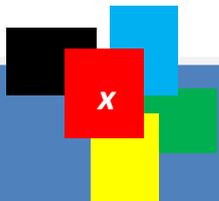


DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Analisis Metode Pembelajaran sesuai dengan Karakteristik Topik Kimia	13
Tabel 1.2	Identifikasi judul kegiatan eksperimen, demonstrasi atau diskusi	15
Tabel 2.1	Keterampilan Proses Dasar dan Terpadu	27
Tabel 2.1	Jenis-jenis Indikator Keterampilan Proses beserta Sub indikatornya.	28

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Bagan Cara Penggunaan Modul	3
Gambar 2.1	Alat Ukur Kuantitatif	30
Gambar 2.2	Contoh klasifikasi menggunakan bagan	31
Gambar 2.3	Contoh hasil inferensi terhadap pengamatan	32
Gambar 2.4	Contoh merumuskan hipotesis berdasarkan hasil percobaan	34



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mata pelajaran Kimia perlu diajarkan untuk tujuan yang lebih khusus yaitu membekali peserta didik pengetahuan, pemahaman dan sejumlah kemampuan yang dipersyaratkan untuk memasuki jenjang pendidikan yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu dan teknologi. Tujuan mata pelajaran Kimia dicapai oleh peserta didik melalui berbagai pendekatan, antara lain pendekatan induktif dalam bentuk proses inkuiri ilmiah padataran inkuiri terbuka. Proses inkuiri ilmiah bertujuan menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja dan bersikap ilmiah serta berkomunikasi sebagai salah satu aspek penting kecakapan hidup. Oleh karena itu pembelajaran kimia menekankan pada pemberian pengalaman belajar secara langsung melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah. Untuk mengembangkan keterampilan proses diperlukan pendekatan pembelajaran yang dikenal dengan pendekatan keterampilan proses. Dalam mengimplementasikan rencana pembelajaran yang sudah disusun mencapai tujuan pembelajaran digunakan cara yang berupa metode pembelajaran. Metode pembelajaran dapat juga dikatakan sebagai cara menyajikan isi pembelajaran kepada siswa untuk mencapai kompetensi tertentu. Sesuai dengan karakteristik mata pelajaran, pada pembelajaran kimia bukan hanya metode ceramah atau diskusi saja tetapi metode eksperimen atau demonstrasi harus digunakan. Pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007 kompetensi guru yang berkaitan pendekatan dan metode kompetensi inti pedagogik guru 2. Menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik. Pada Modul Guru Pembelajar Kelompok Kompetensi C ini disajikan materi tentang metode dan pendekatan pembelajaran kimia. Di dalam modul, sajian materi diawali dengan uraian pendahuluan, kegiatan pembelajaran dan diakhiri dengan



evaluasi agar guru peserta melakukan *self assesment* sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri.

B. Tujuan

Setelah Anda belajar dengan modul ini, Anda diharapkan memahami metode-metode belajar dan pendekatan pembelajaran serta mengimplementasikannya pada pembelajaran kimia.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah Anda belajar menggunakan modul ini adalah menguasai metode pembelajaran dan pendekatan keterampilan proses. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mapel	Indikator Pencapaian Kompetensi
2.2 Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.	2.2.1 Mendeskripsikan keterampilan proses IPA 2.2.2 Mengelompokkan keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu 2.2.3 Mengidentifikasi kegiatan Kimia yang menunjukkan keterampilan proses dasar atau keterampilan proses terpadu 2.2.4 Menganalisis keterampilan dalam pembelajaran kimia yang menggunakan pendekatan keterampilan proses
2.2 Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.	2.2.5 Menjelaskan metode-metode yang sesuai dengan pembelajaran IPA 2.2.6 Menjelaskan kelebihan atau kekurangan penerapan suatu metode dalam pembelajaran IPA 2.2.7 Mengidentifikasi jenis metode pembelajaran yang sesuai karakteristik suatu konsep IPA



D. Ruang Lingkup

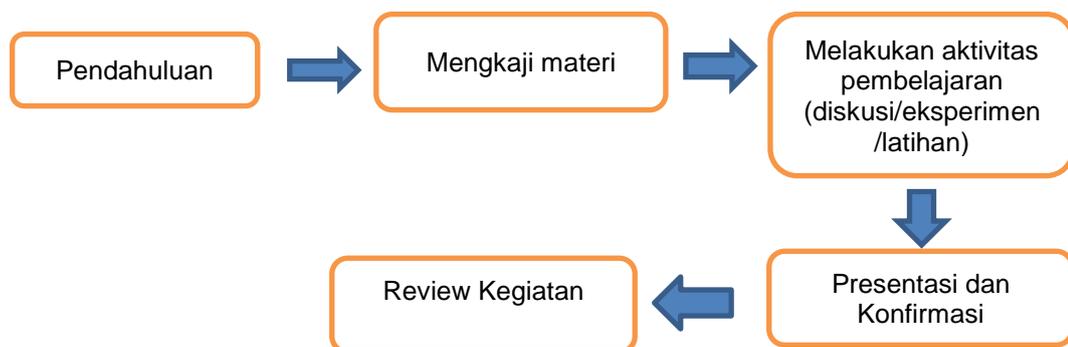
Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul Kelompok kompetensi C, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran yang berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut. Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pendekatan Keterampilan Proses
2. Metode-Metode Pembelajaran IPA

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian materi. Langkah-langkah pembelajaran secara umum adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Cara Penggunaan Modul



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari :

- a. latar belakang yang memuat gambaran materi pada modul.
- b. tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi pada modul.
- c. kompetensi atau indikator yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul.
- d. ruang lingkup berisi materi pembelajaran.

2. Mengkaji materi

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari materi yang diuraikan pada bagian uraian materi sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, maupun latihan.

Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan dan jika diperlukan fasilitator memberikan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama

5. Review Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi yang telah dipelajari.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: METODE PEMBELAJARAN IPA

Guru yang profesional tidak hanya menguasai sejumlah materi pembelajaran, tetapi juga terampil dalam menggunakan metode pembelajaran yang tepat dan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran serta situasi pada saat materi tersebut harus disajikan. Selain itu, guru juga harus memilih metode yang tepat agar pembelajaran menjadi aktif, inovatif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Di dalam setiap pembelajaran, metode sangat penting untuk dipilih sesuai dengan konsep yang akan dipelajari siswa. Dalam pelaksanaannya metode dapat mempermudah para siswa menyerap materi ajar dan membuat guru juga mudah menyajikan bahan ajar tersebut dalam pembelajaran Kimia. Contoh metode yang biasa digunakan dalam pembelajaran Kimia diantaranya adalah metode ceramah, demonstrasi, eksperimen dan diskusi. Masing-masing metode mempunyai ciri masing-masing, keunggulan-keunggulan dan kelemahan-kelemahan. Mengacu pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007 Kompetensi guru untuk materi ini adalah: “Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu” oleh karena itu guru harus mengimplementasikannya sesuai dengan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat:

1. memahami prinsip-prinsip metode pembelajaran IPA;
2. memahami kegiatan pembelajaran kimia menggunakan suatu metode yang sesuai;
3. merancang kegiatan pembelajaran dengan menggunakan metode pembelajaran yang sesuai materi kimia.



B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai adalah:

1. menjelaskan metode-metode yang sesuai dengan pembelajaran IPA;
2. menjelaskan kelebihan atau kekurangan penerapan suatu metode dalam pembelajaran IPA;
3. mengidentifikasi jenis metode pembelajaran yang sesuai karakteristik suatu konsep IPA.

C. Uraian Materi

Metode pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Atau metode pembelajaran dapat juga dikatakan sebagai cara menyajikan isi pembelajaran kepada siswa untuk mencapai kompetensi tertentu.

Beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan pembelajaran Kimia, diantaranya: (1) ceramah; (2) demonstrasi; (3) eksperimen; (4) diskusi; (5) bermain peran, (6) simulasi dan (7) permainan. Pada pelaksanaannya metode ini dapat dipilih guru sesuai dengan topik-topik dalam pembelajaran Kimia. Metode yang dipilih harus mempermudah para siswa menyerap materi ajar dan mempermudah guru menyajikan bahan ajar tersebut. Masing-masing metode mempunyai ciri, keunggulan-keunggulan dan kelemahan-kelemahan.

Pada kegiatan ini, Anda akan mempelajari jenis-jenis metode pembelajaran yang diawali dengan tugas membaca uraian materi tentang metode dan selanjutnya secara berkelompok menganalisis topik-topik atau materi pembelajaran Kimia yang dapat disajikan dengan metode tertentu. Berikutnya Anda berlatih mengembangkan skenario penggunaan metode yang sesuai dengan topik Kimia, alat, bahan, dan media yang digunakan dalam pembelajaran kimia.

1. Metode-metode pada Pembelajaran Kimia

Metode-metode yang dibahas pada modul ini adalah metode yang biasa digunakan dalam pembelajaran kimia.



a. Metode Ceramah

Metode ceramah merupakan metode dimana guru lebih banyak memberikan informasi pada siswa, sehingga siswa menjadi pasif dalam pembelajaran. Pada pembelajaran yang menggunakan metode ceramah, diupayakan tidak hanya menyajikan informasi dari guru karena pada setiap pembelajaran harus diusahakan siswa yang aktif. Penggunaan metode ceramah pada pembelajaran disertai dengan teknik bertanya, sehingga tetap terjadi interaksi antara guru dan siswa atau antara siswa dan siswa. Tanya jawab juga diperlukan untuk mengetahui pemahaman siswa terhadap apa yang telah disampaikan oleh guru melalui metode ceramah. Penggunaan pertanyaan harus bervariasi sesuai jenisnya seperti pertanyaan konvergen, divergen, pertanyaan kategori keterampilan proses dan keterampilan berpikir sesuai dengan konsep IPA yang disajikan, teknik mengajukan pertanyaan juga harus memperhatikan situasi kelas, kapan melakukan *prompting* atau kapan melakukan.

Agar penyajian ceramah di kelas dapat diserap oleh siswa seoptimal mungkin, maka seorang guru harus mempersiapkan langkah-langkahnya secara sistematis.

1). Keunggulan Metode Ceramah

Metode ceramah memiliki keunggulan sebagai berikut:

- a) dapat digunakan untuk menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode-metode yang lain;
- b) pada pembelajaran IPA tidak banyak memerlukan peralatan laboratorium;
- c) bila disiapkan dengan baik misalnya menggunakan model pembelajaran *direct instruction* dapat membangkitkan aktivitas siswa.

2). Kelemahan-kelemahan Metode Ceramah

Metode ceramah memiliki kelemahan sebagai berikut:

- a) kalau penyajian *Teacher Centre* dan siswa sama sekali tidak dilibatkan, maka materi yang disajikan mudah terlupakan karena siswa hanya mendengar saja.
- b) akibat siswa tidak aktif maka siswa menjadi mengantuk, memikirkan yang lain-lain, atau mencari kegiatan-kegiatan lain seperti berbicara dengan teman yang lain atau mengganggu temannya.



b. Metode Demonstrasi

Metode demonstrasi adalah metode yang digunakan untuk membelajarkan siswa dengan cara menceritakan dan memperagakan suatu langkah-langkah pengerjaan sesuatu. Demonstrasi merupakan praktek yang diperagakan oleh guru atau pemandu kepada siswa.

Berdasarkan tujuannya demonstrasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) demonstrasi proses yaitu metode yang mengajak siswa memahami langkah demi langkah suatu proses;
- 2) demonstrasi hasil yaitu metode untuk memperlihatkan atau memperagakan hasil dari sebuah proses.

Metode demonstrasi di dalam pembelajaran Kimia adalah metode dimana guru menyajikan suatu percobaan Kimia di depan kelas atau di tempat yang dapat dilihat oleh seluruh siswa. Setelah mengikuti demonstrasi baik demonstrasi proses maupun demonstrasi hasil, siswa akan memperoleh pengalaman belajar langsung setelah melihat atau melakukan pengamatan sendiri apa yang didemonstrasikan.

Ada beberapa alasan mengapa dipilih metode demonstrasi pada pembelajaran Kimia, yaitu jika:

- (a) peralatan dan bahan yang tersedia di laboratorium tidak memadai untuk eksperimen;
- (b) menggunakan bahan praktikum yang berbahaya;
- (c) menggunakan alat-alat yang tidak boleh dioperasikan oleh siswa;
- (d) konsep yang didapat dari percobaan harus dijelaskan tahap demi tahap.

1). Keunggulan Metode Demonstrasi

Metode demonstrasi memiliki keunggulan sebagai berikut:

- (a) tidak banyak memerlukan peralatan laboratorium;
- (b) penggunaan bahan praktikum tidak boros;
- (c) pengembangan konsep terarah;
- (d) konsep yang dipelajari akan lebih mudah diingat karena siswa melihat fakta-fakta secara langsung.

2). Kelemahan-kelemahan Metode Demonstrasi

Metode demonstrasi memiliki kelemahan sebagai berikut:



- (a) Jika siswa sama sekali tidak diberikan pertanyaan-pertanyaan tentang hal-hal yang akan terjadi pada kegiatan demonstrasi, maka materi yang didemonstrasikan hanya merupakan tontonan;
- (b) Jika sajian demonstrasi tidak dapat dilihat oleh semua siswa, maka materi ajar tetap saja tidak terserap dengan baik;
- (c) Siswa tidak terlatih dalam keterampilan penggunaan alat.

Untuk menerapkan metode demonstrasi pembelajaran IPA, ada beberapa persyaratan yang harus dilakukan, diantaranya:

- peralatan dan bahan yang sudah tersedia di depan kelas atau di laboratorium;
- peralatan dan bahan yang digunakan ukurannya atau volumenya memadai untuk dilihat oleh seluruh siswa;
- memperhatikan keselamatan kerja;
- guru menyajikan demonstrasi dengan teknik bertanya yang tepat.

c. Metode Eksperimen

Eksperimen dapat didefinisikan sebagai kegiatan terperinci yang direncanakan untuk menghasilkan data untuk menjawab suatu masalah atau menguji suatu hipotesis. Tujuan metode eksperimen dalam pembelajaran diantaranya peserta didik dapat mengumpulkan fakta-fakta, informasi atau data dari percobaan, mampu merancang, mempersiapkan, melakukan dan melaporkan percobaan serta melatih penggunaan logika berpikir induktif untuk menarik kesimpulan dari fakta-fakta, informasi atau data yang diperoleh dari percobaan. Suatu eksperimen akan berhasil jika variabel yang dimanipulasi dan jenis respon yang diharapkan dinyatakan secara jelas dalam suatu hipotesis, juga penentuan kondisi-kondisi yang akan dikontrol sudah tepat. Untuk keberhasilan ini, maka setiap eksperimen harus dirancang dulu kemudian diuji coba.

Melatihkan merencanakan eksperimen tidak harus selalu dalam bentuk penelitian yang rumit, tetapi cukup dilatihkan dengan menguji hipotesis-hipotesis yang berhubungan dengan konsep-konsep di dalam standar kompetensi mata pelajaran, kecuali untuk melatih khusus siswa-siswa dalam kelompok tertentu. Contohnya Kelompok Ilmiah Remaja.



Metode eksperimen dipilih sebagai metode pembelajaran Kimia jika konsep Kimia harus dipelajari melalui fakta-fakta yang dapat ditemukan oleh siswa. Melalui eksperimen pengembangan inkuiri lebih banyak, siswa berlatih lebih banyak menggunakan keterampilan proses, dan terlatih kemampuan psikomotornya melalui teknik-teknik penggunaan alat-alat dan merangkai alat pada suatu percobaan.

- 1) Keunggulan-Keunggulan Metode Eksperimen
 - (a) Fakta atau data yang diperoleh siswa secara langsung mudah diingat
 - (b) Guru dapat berkeliling kelas sambil melakukan penilaian terhadap sikap dan psikomotor
 - (c) Melatih kerja sama pada diri siswa karena metode eksperimen di sekolah biasanya dilakukan secara berkelompok
- 2) Kelemahan-Kelemahan Metode Eksperimen
 - a) Memerlukan bahan dan alat praktik yang banyak
 - b) Kalau siswa tidak diawasi dengan baik kadang-kadang ada yang main-main di kelompoknya
 - c) Memerlukan waktu belajar yang lebih lama dari pada metode demonstrasi

Untuk menerapkan metode eksperimen pada pembelajaran IPA, ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan, diantaranya :

1. peralatan dan bahan yang tersedia di laboratorium harus memadai untuk eksperimen;
2. menggunakan bahan praktikum yang tidak berbahaya;
3. menggunakan peralatan yang aman bagi keselamatan dan mudah digunakannya.
4. Perlu petunjuk yang jelas karena dalam melakukan eksperimen siswa sedang belajar dan berlatih

d. Metode Diskusi

Berdasarkan Cruickshank (2006), diskusi merupakan situasi dimana diantara siswa, siswa dengan guru terjadi tukar menukar informasi, ide atau pendapat untuk memecahkan suatu masalah. Tujuan diskusi adalah untuk mereviu apa yang telah siswa pelajari, mendorong siswa untuk merefleksikan ide mereka



atau pendapat mereka, menggali isu-isu, memecahkan masalah dan meningkatkan keterampilan komunikasi secara langsung atau bertemu muka. Metode diskusi ada yang berupa diskusi umum atau diskusi kelas dan diskusi kelompok.

1) Metode Diskusi Kelas

Metode diskusi umum (diskusi kelas) bertujuan untuk tukar menukar gagasan, pemikiran, informasi/pengalaman diantara peserta, sehingga dicapai kesepakatan pokok-pokok pikiran (gagasan/kesimpulan). Untuk mencapai kesepakatan tersebut, para peserta dapat saling beradu argumentasi untuk meyakinkan peserta lainnya. Kesepakatan pikiran inilah yang kemudian ditulis sebagai hasil diskusi. Diskusi biasanya digunakan sebagai bagian yang tak terpisahkan dari penerapan berbagai metode lainnya, seperti: penjelasan (ceramah), curah pendapat, diskusi kelompok, dan permainan.

2) Metode Diskusi Kelompok

Sama seperti diskusi umum, diskusi kelompok adalah pembahasan suatu topik dengan cara tukar pikiran antara dua orang atau lebih, dalam kelompok-kelompok kecil, yang direncanakan untuk mencapai tujuan tertentu. Metode ini dapat membangun suasana saling menghargai perbedaan pendapat dan juga meningkatkan partisipasi peserta yang masih belum banyak berbicara dalam diskusi yang lebih luas. Tujuan penggunaan metode ini adalah mengembangkan kesamaan pendapat atau kesepakatan atau mencari suatu rumusan terbaik mengenai suatu persoalan. Setelah diskusi kelompok, proses dilanjutkan dengan diskusi pleno.

e. Metode Bermain Peran (*Role-Play*)

Bermain peran pada prinsipnya merupakan metode untuk 'memerankan' peran-peran yang ada dalam dunia nyata ke dalam suatu 'pertunjukan peran' di dalam kelas/pertemuan, yang kemudian dijadikan sebagai bahan refleksi agar peserta memberikan penilaian terhadap pemeran, misalnya: menilai keunggulan maupun kelemahan masing-masing peran tersebut, dan kemudian memberikan saran/alternatif pendapat bagi pengembangan peran-peran tersebut. Metode ini lebih



menekankan terhadap masalah yang diangkat dalam 'pertunjukan', dan bukan pada kemampuan pemain dalam melakukan permainan peran.

f. Metode Simulasi

Metode simulasi adalah bentuk metode praktik yang sifatnya untuk mengembangkan keterampilan peserta belajar (keterampilan mental maupun fisik/teknis). Metode ini memindahkan suatu situasi yang nyata kedalam kegiatan atau ruang belajar karena adanya kesulitan untuk melakukan praktik di dalam situasi yang sesungguhnya, misalnya: sebelum melakukan praktik penerbangan, seorang siswa sekolah penerbangan melakukan simulasi penerbangan terlebih dahulu (belum benar-benar terbang). Situasi yang dihadapi dalam simulasi ini harus dibuat seperti benar-benar merupakan keadaan yang sebenarnya (replikasi kenyataan). Contoh lainnya, dalam sebuah pelatihan fasilitasi, seorang peserta melakukan simulasi suatu metode belajar seakan-akan tengah melakukannya bersama kelompok dampingannya. Dalam contoh yang kedua, metode ini memang mirip dengan bermain peran. Namun dalam simulasi, peserta lebih banyak berperan sebagai dirinya sendiri saat melakukan suatu kegiatan/tugas yang benar-benar akan dilakukannya.

g. Metode Permainan (*games*)

Permainan (*games*), populer dengan berbagai sebutan antara lain pemanasan (*ice-breaker*) atau penyegaran (*energizer*). Arti harfiah *ice-breaker* adalah 'pemecah es'. Jadi, arti pemanasan dalam proses belajar adalah pemecah situasi kebekuan pikiran atau fisik peserta. Permainan juga dimaksudkan untuk membangun suasana belajar yang dinamis, penuh semangat, dan antusiasme. Karakteristik permainan adalah menciptakan suasana belajar yang menyenangkan (*fun*) serta serius tapi santai. Permainan digunakan untuk penciptaan suasana belajar dari pasif ke aktif, dari kaku menjadi dinamis (akrab), dan dari jenuh menjadi riang (segar). Metode ini diarahkan agar tujuan belajar dapat dicapai secara efisien dan efektif dalam suasana gembira meskipun membahas hal-hal yang sulit atau berat. Sebaiknya permainan digunakan sebagai bagian dari proses. Metode permainan dalam pembelajaran dapat dilakukan untuk mengembangkan konsep atau untuk mengevaluasi. Permainan



pada pembelajaran sebaiknya dirancang dahulu baik skenario maupun alat-alat permainannya.

2. Penerapan Metode pada Pembelajaran Kimia

Penentuan metode pada pembelajaran sebaiknya diawali dengan menganalisis kompetensi dasar, selanjutnya menentukan topik yang dapat disajikan dengan menggunakan suatu metode sesuai dengan karakteristik materi kimia. Contoh analisis metode pembelajaran tertera pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Analisis Metode Pembelajaran sesuai dengan Karakteristik Topik Kimia.

No	Kelas	Topik	Kompetensi Dasar	Metode	Keterangan
1	X	Larutan elektrolit dan nonelektrolit	3.5 Menganalisis sifat larutan elektrolit dan larutan non-elektrolit berdasarkan daya hantar listriknya. 4.8 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan untuk mengetahui sifat larutan elektrolit dan larutan non- elektrolit.	Eksperimen	- Topik ini disajikan secara eksperimen karena tuntutan kompetensi dasar. Melatihkan keterampilan poses sains yang dieksplicitkan pada KD 4.8. - Alat dan bahan mudah didapat, tidak berbahaya, alat dapat dirancang siswa
2	XI	Titrasi Asam Bas	3.11 Menentukan konsentrasi/kadar asam atau basa berdasarkan data hasil titrasi asam basa. 4.11 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan titrasi asam-basa.	Eksperimen	- Topik ini disajikan secara eksperimen karena tuntutan kompetensi dasar. - Melatihkan keterampilan poses sains yang dieksplicitkan pada KD 4.8. - Alat dan bahan biasanya tersedia di laboratorium sekolah, kalau tidak ada buret dapat dicoba titrasi menggunakan pipet tetes
3	XI	Faktor suhu terhadap geser	3.8 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan	Demonstrasi	Percobaan ini menggunakan gas NO ₂ yang berbahaya.



No	Kelas	Topik	Kompetensi Dasar	Metode	Keterangan
		an arah kesetimbangan	yang diterapkan dalam industri 4.8 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan		
4	XII	Sifat Unsur logam Alkali	3.6 Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisik dan sifat kimia, manfaat, dampak, proses pembuatan unsur-unsur golongan utama (gas mulia, halogen, alkali dan alkali tanah, periode 3) serta unsur golongan transisi (periode 4) dan senyawanyadalam kehidupan sehari-hari. 4.6 Menalar dan menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisik dan sifat kimia, manfaat, dampak, proses pembuatan unsur-unsur golongan utama (gas mulia, halogen, alkali dan alkali tanah, periode 3) serta unsur golongan transisi (periode 4) dan senyawanyadalam kehidupan sehari-hari	Demonstrasi	Percobaan ini menggunakan logam natrium yang berbahaya dan jika direaksikan dengan air akan menimbulkan percikan api gas dan ledakan.
5	XII	Struktur tata nama benzena	3.8 Menganalisis struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya 4.8 Menalar dan menganalisis struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya	Diskusi	Topik ini tidak memerlukan percobaan, guru dapat menyiapkan lembar kerja noneksperimen atau diskusi
6	X	Sifat-sifat periodik unsur.	3.4 Menganalisis hubungan konfigurasi elektron dan diagram orbital untuk menentukan letak unsur	Diskusi	Pada topik ini peserta didik berdiskusi untuk menemukan sifat-sifat periodik unsur melalui



No	Kelas	Topik	Kompetensi Dasar	Metode	Keterangan
			<p>dalam tabel periodik dan sifat-sifat periodik unsur.</p> <p>4.4 Menyajikan hasil analisis hubungan konfigurasi elektron dan diagram orbital untuk menentukan letak unsur dalam tabel periodik dan sifat-sifat periodik unsur.</p>		gambar kecenderungan sifat periodik unsur.

Setelah mengidentifikasi metode yang sesuai dengan karakteristik materi kimia, guru dapat mengidentifikasi judul eksperimen, demonstrasi atau diskusi. Untuk memperlancar penyajian pembelajaran dengan suatu metode, guru harus menyiapkan lembar kerja untuk siswa sesuai kegiatannya.

Contoh identifikasi judul kegiatan eksperimen, demonstrasi atau diskusi dan lembar kerjanya tertera pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Identifikasi judul kegiatan eksperimen, demonstrasi atau diskusi

No	Metode	Topik	Kelas	Judul	Tujuan
1	Eksperimen	Larutan elektrolit dan nonelektrolit	X	Sifat larutan elektrolit dan non elektrolit	Menyelidiki sifat larutan elektrolit dan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listrik larutannya
2	Demonstrasi	Faktor suhu terhadap pergeseran arah kesetimbangan	XI	Pengaruh perubahan suhu pada reaksi kesetimbangan	Menyelidiki pengaruh suhu pada reaksi kesetimbangan antara gas NO_2 dan N_2O_4
3	Diskusi	Sifat-sifat periodik unsur	X	Energi Ionisasi	Menentukan kecenderungan energi ionisasi unsur dalam satu golongan dan periode

Untuk kelancaran penerapan metode-metode pembelajaran, guru sebaiknya menyiapkan lembar kerja siswa baik untuk eksperimen maupun non eksperimen. Sebenarnya untuk tingkat SMA ada beberapa kompetensi dasar dari KI 4 atau keterampilan mengharuskan peserta didik merancang percobaan, contohnya KD



4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi. Cara merancang percobaan dilatihkan melalui pembelajaran tentang metode-metode ilmiah di kelas X. Sebelum melatih kepada siswa pada modul ini disajikan contoh lembar kerja yang dapat digunakan pada metode eksperimen maupun diskusi.

Berikut adalah merancang kegiatan pembelajaran dengan menggunakan metode pembelajaran yang sesuai materi kimia.

Contoh lembar kerja siswa

1. Lembar kerja metode eksperimen

TITRASI ASAM KUAT – BASA KUAT

I. Pendahuluan

Reaksi penetralan asam atau basa dapat dilakukan dengan tepat melalui cara titrasi. Titrasi asam basa adalah penambahan larutan standar atau larutan yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standar ditambahkan ke dalam larutan asam atau basa sampai suasana netral.

Titrasi asam basa dapat pula dilakukan untuk menentukan konsentrasi larutan asam atau basa yang konsentrasinya belum diketahui, sehingga kita dapat menghitung jumlah zat pereaksi atau hasil reaksi pada suatu reaksi.

II. Tujuan

Menentukan konsentrasi HCl melalui titrasi asam basa

III. Alat dan Bahan

- Buret	50 mL	1 buah
- Pipet volumetrik	20 mL	1 buah
- Labu Erlenmeyer	100 mL	3 buah
- Klem dan statif		1 pasang
- Pipet tetes		1 buah
- HCl yang belum diketahui konsentrasinya		100 mL
- NaOH	0,1 M	200 mL

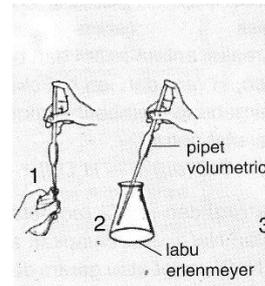


- Fenolftalein
- Kertas putih

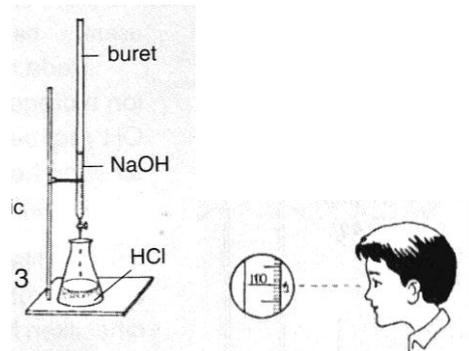
1 lembar

IV. Langkah Kerja

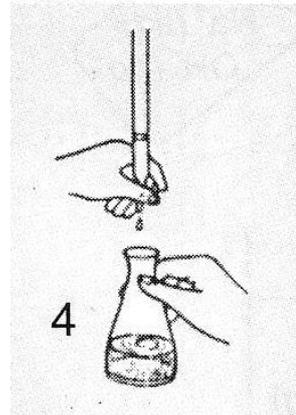
1. Ambil 20 mL larutan HCl yang belum diketahui konsentrasinya dengan pipet *volumetric* ukuran 20 mL dan masukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL.
2. Tambahkan 2 tetes indikator fenolftalein.



3. Siapkan buret yang telah diisi larutan NaOH 0,1 M. Catat volume awal dengan melihat skala pada buret



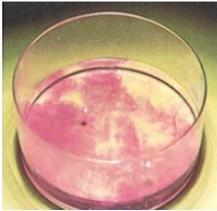
4. Teteskan larutan NaOH dari buret ke larutan HCl dalam labu Erlenmeyer sambil menggoyangkan labu Erlenmeyer agar asam dengan basa bereaksi sempurna sampai indikator tepat berubah warna merah atau *titik akhir titrasi*.
5. Catat lagi volum NaOH pada skala buret. Hitung volum NaOH yang digunakan.
6. Ulangi percobaan sehingga diperoleh hasil yang sama atau hampir sama





2. Lembar Kerja Metode Demonstrasi

Pada saat pembelajaran menggunakan metode demonstrasi, peserta didik tetap harus mencatat data hasil pengamatan, mengolah data dan menyimpulkan hasil percobaan. Untuk itu guru tetap harus menyiapkan lembar kerja, walaupun peserta didik hanya mengamati dan tidak melakukan percobaan sendiri.



Gambar 1.1
Natrium dengan air

Contoh demonstrasi pada pembelajaran kimia adalah reaksi antara logam natrium dengan air. Natrium merupakan logam yang sangat reaktif, mudah bereaksi dengan oksigen maupun air.

Komponen-komponen lembar kegiatan demonstrasi sama saja seperti lembar kegiatan eksperimen

3. Lembar Kerja Metode Diskusi

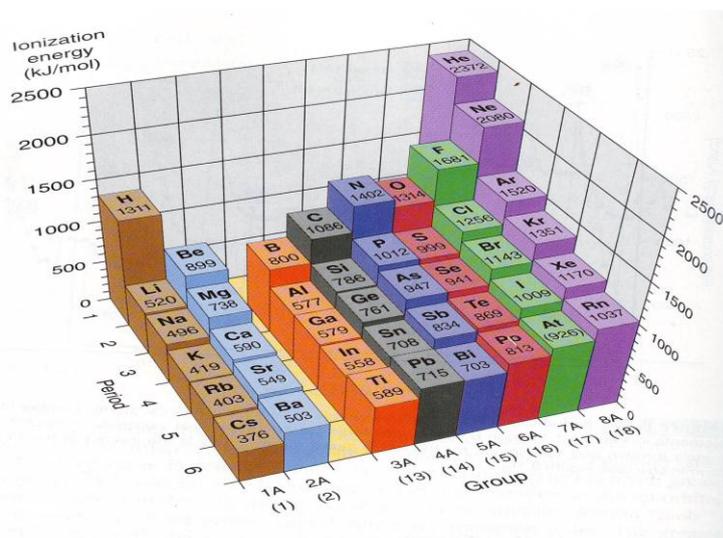
Agar diskusi terarah sesuai dengan tujuan pembelajaran, sebaiknya guru menyediakan lembar kegiatan. Berikut ini contoh lembar diskusi untuk pada saat mempelajari sifat keperiodikan unsur.

ENERGI IONISASI UNSUR

Amati grafik energi ionisasi dibawah ini

Diiskusikan kecenderungan sifat periodik unsur khususnya energi ionisasi

Catat hasil pengamatan pada kolom yang tersedia





Tabel Pengamatan :

Energi Ionisasi	Tertinggi	Terendah
- Periode 2
- Periode 3
- Golongan IA
- Golongan II A
- Golongan VIIIA

Pertanyaan:

1. Bagaimana kecenderungan energi ionisasi unsur dalam satu perioda pada tabel periodik ?
2. Bagaimana kecenderungan energi ionisasi unsur dalam satu perioda pada tabel periodik ?
3. Mengapa energi ionisasi Al lebih rendah dari pada Mg, Cl lebih rendah dari pada N?

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang metode-metode pembelajaran Anda dapat melakukan diskusi membahas topik-topik atau konsep kimia yang dapat disajikan melalui metode eksperimen, demonstrasi, ceramah atau lainnya.

Lembar Kegiatan 1.

Identifikasi Metode Pembelajaran

Tujuan Kegiatan:

Melalui diskusi kelompok peserta mampu mengidentifikasi metode pembelajaran yang dapat dilatihkan melalui pembelajaran kimia

Langkah Kegiatan:

1. Pelajari *hand out* tentang metode-metode pembelajaran
2. Pilihlah salah satu KD kimia, pelajari materi kimia yang harus disajikan pada KD tersebut
3. Identifikasi metode pembelajaran yang dapat digunakan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran
4. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
5. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!



Format Rancangan Kegiatan keterampilan proses pada pembeajaran kimia

No.	Kelas	Topik	Kompetensi Dasar	Metode	Keterangan
1.					
2.					
.....					

Lembar Kegiatan 2

Identifikasi Kegiatan sesuai Metode Pembelajaran

Tujuan Kegiatan:

Melalui diskusi kelompok peserta mampu mengidentifikasi metode pembelajaran yang dapat dilatihkan melalui pembelajaran kimia

Langkah Kegiatan:

1. Pelajari *hand out* dan hasil kegiatan Identifikasi Metode Pembelajaran LK 1
2. Identifikasi judul kegiatan sesuai metode pembelajaran yang dapat digunakan
3. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
4. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Format

No	Metode	Topik	Kelas	Judul	Tujuan
1	Eksperimen				
2	Demonstrasi				
3	Diskusi				
....					



E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda

1. Diantara pernyataan berikut yang merupakan kelemahan metode ceramah adalah....
 - A. dapat digunakan untuk menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode-metode yang lain
 - B. pada pembelajaran IPA tidak banyak memerlukan peralatan laboratorium;
 - C. materi yang disajikan mudah terlupakan karena siswa hanya mendengarkan saja.
 - D. bila disiapkan dengan baik misalnya menggunakan model pembelajaran *direct instruction* dapat membangkitkan aktivitas siswa.

2. Berikut ini persyaratan yang harus dilakukan untuk menerapkan metode demonstrasi pada pembelajaran kimia, kecuali....
 - A. peralatan dan bahan yang sudah tersedia di depan kelas atau di laboratorium;
 - B. peralatan dan bahan yang digunakan ukurannya atau volumenya memadai untuk dilihat oleh seluruh siswa;
 - C. guru menyajikan demonstrasi dengan teknik bertanya yang tepat.
 - D. hanya dilakukan oleh guru didepan kelas, siswa cukup mengamati saja

3. Bu Ani akan mengajar materi Kimia dengan KD “2.1 Mendeskripsikan perubahan entalpi suatu reaksi, reaksi eksoterm, dan reaksi endoterm”. Dia menggunakan alat-alat sederhana dan memilih metode demonstrasi dengan berbagai alasan seperti pernyataan berikut, kecuali....
 - A. konsep akan lebih mudah diingat karena siswa melihat fakta-fakta secara langsung
 - B. tidak banyak memerlukan peralatan laboratorium
 - C. penggunaan bahan praktikum tidak boros
 - D. keselamatan kerja siswa



4. Diantara pernyataan berikut yang merupakan kelemahan metode ceramah adalah
 - A. dapat menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode-metode yang lain
 - B. dapat menggunakan berbagai alat peraga dan pengembangan konsep terarah
 - C. guru dapat mengontrol siswa dan membimbing siswa dengan leluasa
 - D. guru dapat mengontrol waktu sehingga pencapaian tujuan lebih efektif

5. Jika guru akan melatih keterampilan melakukan titrasi, metode yang cocok digunakan adalah
 - A. diskusi
 - B. tanya jawab
 - C. eksperimen
 - D. demonstrasi

Tugas

Analisis kompetensi dasar mata pelajaran kimia SMA. Pilihlah topik-topik kimia di SMA yang dapat disajikan menggunakan ceramah, diskusi, demonstrasi, eksperimen, bermain peran, dan *games*. Berikan penjelasan alasan pemilihan topik

F. Rangkuman

Metode pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran atau metode pembelajaran dapat dikatakan sebagai cara dalam menyajikan isi pembelajaran kepada siswa untuk mencapai kompetensi tertentu. Beberapa metode pembelajaran yang biasa digunakan di dalam pembelajaran Kimia, diantaranya: ceramah, diskusi, demonstrasi, dan eksperimen. Selain itu ada beberapa metode yang dapat digunakan seperti simulasi, bermain peran, dan *games*. Metode ceramah merupakan metode dimana guru lebih banyak memberikan informasi pada siswa, sehingga siswa menjadi pasif dalam pembelajaran. Metode



demonstrasi adalah metode yang digunakan untuk membelajarkan siswa dengan cara menceritakan dan memperagakan suatu langkah-langkah pengerjaan sesuatu.

Metode eksperimen merupakan metode pembelajaran IPA jika konsep IPA harus dipelajari melalui fakta-fakta yang dapat ditemukan oleh siswa. Metode diskusi merupakan situasi dimana diantara siswa, siswa dengan guru terjadi tukar menukar informasi, ide atau pendapat untuk memecahkan suatu masalah. Pada pembelajaran yang menggunakan metode ceramah diupayakan tidak hanya menyajikan informasi dari guru, karena pada setiap pembelajaran harus diusahakan siswa yang aktif. Setiap metode memiliki keunggulan dan kelemahan sehingga guru harus memilih metode yang tepat dan sesuai dengan topik atau materi yang akan disajikan, juga sesuai dengan kompetensi dasar yang harus dicapai siswa.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan Pembelajaran ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PENDEKATAN KETERAMPILAN PROSES

Setiap mata pelajaran memiliki karakteristik khusus dalam pendekatan pembelajaran. Pembelajaran kimia lebih menekankan pada penerapan keterampilan proses. Aspek-aspek pada pendekatan ilmiah (*scientific approach*) terintegrasi pada pendekatan keterampilan proses dan metode ilmiah. Keterampilan proses sains merupakan seperangkat keterampilan yang digunakan para ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah. Keterampilan yang dilatihkan ini dikenal dengan keterampilan proses IPA. American Association for the Advancement of Science (1970) mengklasifikasikannya menjadi keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu. Melatihkan keterampilan proses melalui pembelajaran digunakan pendekatan keterampilan proses dimana pada pembelajaran peserta didik belajar suatu konsep melalui kegiatan mengamati, menggolongkan, menginterpretasikan data sampai merancang eksperimen. Pada modul ini Anda dapat mempelajari berbagai keterampilan dalam keterampilan proses dan mengidentifikasi konsep kimia yang disajikan menggunakan pendekatan keterampilan proses.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat memahami berbagai keterampilan dalam keterampilan proses dan menerapkan keterampilan proses dalam kegiatan belajar kimia.



B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui modul ini adalah:

1. Mendeskripsikan keterampilan proses IPA.
2. Mengelompokkan keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu.
3. Mengidentifikasi kegiatan Kimia yang menunjukkan keterampilan proses dasar atau keterampilan proses terpadu.
4. Menganalisis keterampilan dalam pembelajaran kimia yang menggunakan pendekatan keterampilan proses.

C. Uraian Materi

1. Keterampilan Proses

Pada pembelajaran mengacu pada kurikulum baru, salah satu kompetensinya berupa kompetensi aspek keterampilan. Pada pembelajaran kimia kompetensinya mencakup keterampilan berpikir dan motorik. Dalam modul ini Anda dapat mempelajari salah satu dimensi keterampilan yaitu keterampilan proses.

a. Keterampilan Proses Dasar dan Terpadu

Proses merupakan konsep besar yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang harus dikuasai seseorang bila akan melakukan penelitian. Keterampilan berarti kemampuan menggunakan pikiran, nalar dan perbuatan secara efisien dan efektif untuk mencapai suatu hasil tertentu, termasuk kreativitas. Dengan demikian pendekatan keterampilan proses merupakan perlakuan yang diterapkan dalam pembelajaran yang menekankan pada pembentukan keterampilan memperoleh pengetahuan kemudian mengkomunikasikan perolehannya. Dengan keterampilan-keterampilan ini, anak-anak dapat mempelajari sains sebanyak mereka dapat mempelajarinya dan ingin mengetahuinya. Menurut Harlen (1992) dalam Rustaman, N dkk.(2010) terdapat lima aspek yang perlu diperhatikan Guru dalam berperan mengembangkan keterampilan proses yaitu: 1) memberikan kesempatan untuk menggunakan keterampilan proses dalam melakukan eksplorasi materi dan fenomena, 2) memberikan kesempatan untuk berdiskusi dalam kelompok-



kelompok kecil juga diskusi kelas, 3) mendengarkan pembicaraan siswa dan mempelajari produk mereka untuk menemukan proses yang diperlukan untuk gagasan mereka, 4) mendorong siswa mereview secara kritis tentang kegiatan yang telah dilakukan, 5) memberikan teknik dan strategi untuk meningkatkan keterampilan, khususnya keterampilan mengamati dan pengukuran.

American Association for the Advancement of Science (1970) mengklasifikasikan menjadi keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu. Keterampilan proses dasar meliputi: pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menggolongkan, mengkomunikasikan, keterampilan proses terpadu meliputi: pengontrolan variabel, interpretasi data, perumusan hipotesa, pendefinisian variabel secara operasional, merancang eksperimen. Keterampilan proses dasar merupakan suatu pondasi untuk melatih keterampilan proses terpadu yang lebih kompleks. Seluruh keterampilan proses ini diperlukan pada saat berupaya untuk mencatatkan masalah ilmiah. Keterampilan proses terpadu khususnya diperlukan saat melakukan eksperimen untuk memecahkan masalah. Klasifikasi keterampilan proses tersebut tertera pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Keterampilan Proses Dasar dan Terpadu

Keterampilan Proses Dasar	Keterampilan Proses Terpadu
Mengamati	Mengontrol variabel
Mengukur	Menginterpretasikan data
Menyimpulkan	Merumuskan hipotesa
Meramalkan	Mendefinisikan variabel secara operasional
Menggolongkan	
Mengomunikasikan	Merancang eksperimen

Menurut Rustaman (2005), menyatakan bahwa keterampilan proses perlu dikembangkan melalui pengalaman-pengalaman langsung sebagai pengalaman pembelajaran. Melalui pengalaman langsung seseorang dapat lebih menghayati proses atau kegiatan yang sedang dilakukan. Pada tabel 2.2 disajikan jenis-jenis indikator keterampilan proses beserta sub indikatornya.



Tabel 2.2 Jenis-jenis Indikator Keterampilan Proses beserta Sub indikatornya.

No	Indikator	Sub Indikator Keterampilan Proses Sains
1	Mengamati	<ul style="list-style-type: none">- Menggunakan sebanyak mungkin alat indera- Mengumpulkan/menggunakan fakta yang relevan
2	Mengelompokkan/ Klasifikasi	<ul style="list-style-type: none">- Mencatat setiap pengamatan secara terpisah- Mencari perbedaan, persamaan; Mengontraskan ciri-ciri; Membandingkan- Mencari dasar pengelompokkan atau penggolongan
3	Menafsirkan	<ul style="list-style-type: none">- Menghubungkan hasil-hasil pengamatan- Menemukan pola dalam suatu seri pengamatan; Menyimpulkan
4	Meramalkan	<ul style="list-style-type: none">- Menggunakan pola-pola hasil pengamatan- Mengungkapkan apa yang mungkin terjadi pada keadaan sebelum diamati
5	Mengajukan pertanyaan	<ul style="list-style-type: none">- Bertanya apa, mengapa, dan bagaimana.- Bertanya untuk meminta penjelasan; Mengajukan pertanyaan yang berlatar belakang hipotesis.
6	Merumuskan hipotesis	<ul style="list-style-type: none">- Mengetahui bahwa ada lebih dari satu kemungkinan penjelasan dari suatu kejadian.- Menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya dengan memperoleh bukti lebih banyak atau melakukan cara pemecahan masalah.
7	Merencanakan percobaan	<ul style="list-style-type: none">- Menentukan alat/bahan/sumber yang akan digunakan- Menentukan variabel/ faktor penentu;- Menentukan apa yang akan diukur, diamati, dicatat; - Menentukan apa yang akan dilaksanakan berupa langkah kerja
8	Menggunakan alat/bahan	<ul style="list-style-type: none">- Memakai alat/bahan- Mengetahui alasan mengapa menggunakan alat/bahan ;- Mengetahui bagaimana menggunakan alat/ bahan.



No	Indikator	Sub Indikator Keterampilan Proses Sains
9	Menerapkan konsep	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan konsep yang telah dipelajari dalam situasi baru - Menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi
10	Berkomunikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Mengubah bentuk penyajian - Menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan dengan grafik, tabel atau diagram - Menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis - Menjelaskan hasil percobaan atau penelitian - Membaca grafik atau tabel atau diagram - Mendiskusikan hasil kegiatan mengenai suatu masalah atau suatu peristiwa.

b. Jenis-jenis Keterampilan Proses

Untuk lebih memahami bagaimana menerapkan keterampilan proses pada pembelajaran IPA, berikut ini uraian beberapa jenis keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu yang dapat dilatihkan pada peserta didik.

1) Mengamati

Mengamati merupakan kegiatan mengidentifikasi ciri-ciri objek tertentu dengan alat inderanya secara teliti, menggunakan fakta yang relevan dan memadai dari hasil pengamatan, menggunakan alat atau bahan sebagai alat untuk mengamati objek dalam rangka pengumpulan data atau informasi (Nuryani, 1995). Keterampilan pengamatan dilakukan dengan cara menggunakan lima indera yaitu indra penglihatan, pembau, peraba, pengecap dan pendengar. Pengamatan yang dilakukan hanya menggunakan indera disebut *pengamatan kualitatif*, sedangkan pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur disebut *pengamatan kuantitatif*. Pengamatan dapat dilakukan pada obyek yang sudah tersedia dan pengamatan pada suatu gejala atau perubahan. Contoh : Sekelompok peserta didik diminta mengamati beberapa tepung yang berbeda jenisnya baik rasa, warna, ukuran serbuk dan baunya. Gunakan panca inderamu



untuk mengetahui jenis-jenis tepung yang tersedia pada piring ini. Bagaimana warnanya, rasanya, ukurannya, bentuknya dan baunya?

Tepung	Warna	Rasa	Ukuran	Bentuk	Bau
1					
2					
3					
4					

2) Mengukur

Keterampilan mengukur dapat dikembangkan melalui kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan pengembangan satuan-satuan yang cocok dari ukuran panjang, luas, isi, waktu, berat, dan sebagainya. Menurut Carin dalam Poppy, (2010) mengukur adalah membuat observasi kuantitatif dengan membandingkannya terhadap standar yang konvensional atau standar non konvensional. Contoh: Peserta didik melakukan pengukuran suhu menggunakan termometer, menimbang berat benda dengan berbagai neraca, mengukur volume cairan menggunakan gelas ukur, mengukur panjang dengan menggunakan penggaris atau mengukur benda dengan jangka sorong.



Gambar 2.1 Alat Ukur Kuantitatif

3) Mengklasifikasikan

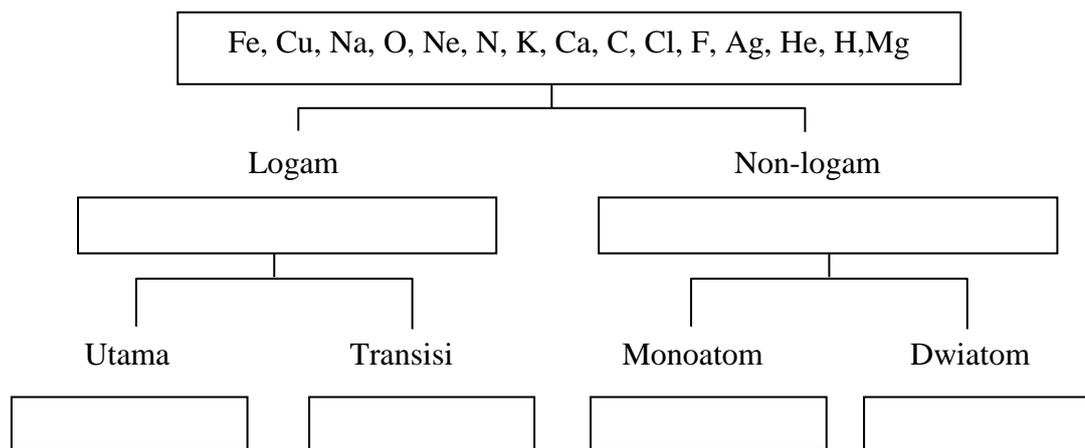
Klasifikasi adalah proses yang digunakan ilmuwan untuk mengadakan penyusunan atau pengelompokan atas objek-objek atau kejadian-kejadian. Keterampilan klasifikasi dapat dikuasai bila peserta didik telah dapat melakukan dua keterampilan berikut ini.



- a) mengidentifikasi dan memberi nama sifat-sifat yang dapat diamati dari sekelompok objek yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasi.
- b) menyusun klasifikasi dalam tingkat-tingkat tertentu sesuai dengan sifat-sifat objek

Klasifikasi berguna untuk melatih peserta didik menunjukkan persamaan, perbedaan dan hubungan timbal baliknya. Sebagai contoh peserta didik mengklasifikasikan jenis-jenis hewan, tumbuhan, sifat logam berdasarkan kemagnetannya

Contoh melatih klasifikasi menggunakan bagan:



Gambar 2.2 Contoh Klasifikasi Menggunakan Bagan

4) Menyimpulkan

Menyimpulkan di dalam keterampilan proses dikenal dengan istilah inferensi. Inferensi adalah sebuah pernyataan yang dibuat berdasarkan fakta hasil pengamatan. Hasil inferensi dikemukakan sebagai pendapat seseorang terhadap sesuatu yang diamatinya.

Contoh : Siswa diminta membuat inferensi dari data p pengujian beberapa larutan asam dan larutan basa dengan lakmus biru dan merah

Nama Larutan	Sifat Larutan	Warna lakmus pada larutan	
		Lakmus merah	Lakmus biru



Asam Klorida	Asam	Merah	Merah
Natrium Hidroksida	Basa	Biru	Biru
Asam Acetat	Asam	Merah	Merah
Magnesium Hidroksida	Basa	Biru	Biru
Asam Sulfat	Asam	Merah	Merah

Berdasarkan data percobaan apa yang dimaksud dengan asam dan basa?
Asam adalah
Basa adalah

Gambar 2.3 Contoh hasil inferensi terhadap pengamatan

5) Mengomunikasikan

Komunikasi di dalam keterampilan proses berarti menyampaikan pendapat hasil keterampilan proses lainnya baik secara lisan maupun tulisan. Dalam tulisan bisa berbentuk rangkuman, grafik, tabel, gambar, poster dan sebagainya. Keterampilan mengkomunikasikan ini di antaranya adalah sebagai berikut:

- Mengutarakan suatu gagasan;
- Menjelaskan penggunaan data hasil penginderaan/memeriksa secara akurat suatu objek atau kejadian;
- Mengubah data dalam bentuk tabel ke bentuk lainnya misalnya grafik, peta secara akurat.

6) Memprediksi

Prediksi dalam sains adalah perkiraan yang didasarkan pada hasil pengamatan yang nyata. Memprediksi berarti pula mengemukakan apa yang mungkin terjadi pada keadaan yang belum diamati berdasarkan penggunaan pola yang ditemukan sebagai hasil penemuan. Keterampilan meramalkan atau prediksi mencakup keterampilan mengajukan perkiraan tentang sesuatu yang belum terjadi berdasarkan suatu kecenderungan atau pola yang sudah ada.

Contoh : Peserta didik diminta membuat suatu prediksi

Apa yang akan terjadi pada kesetimbangan jika suhu sistem dinaikkan ?

Apa yang akan terjadi pada sel volta jika elektroda positif dan negatif tempatnya dipertukarkan?



7) Mengidentifikasi Variabel

Variabel adalah satuan besaran kualitatif atau kuantitatif yang dapat bervariasi atau berubah pada suatu situasi tertentu. **Besaran kualitatif** adalah besaran yang tidak dinyatakan dalam satuan pengukuran baku tertentu. **Besaran kuantitatif** adalah besaran yang dinyatakan dalam satuan pengukuran baku tertentu misalnya volume diukur dalam liter dan suhu diukur dalam $^{\circ}\text{C}$.

Keterampilan identifikasi variabel dapat diukur berdasarkan tiga tujuan pembelajaran berikut.

- a) Mengidentifikasi variabel dari suatu pernyataan tertulis atau dari deskripsi suatu eksperimen.
- b) Mengidentifikasi variabel manipulasi dan variabel respon dari deskripsi suatu eksperimen.
- c) Mengidentifikasi variabel kontrol dari suatu pernyataan tertulis atau deskripsi suatu eksperimen.

Dalam suatu eksperimen terdapat tiga macam variabel yang sama pentingnya, yaitu variabel manipulasi, variabel respon dan variabel kontrol. *Variabel manipulasi* adalah suatu variabel yang secara sengaja diubah atau dimanipulasi dalam suatu situasi. *Variabel respon* adalah variabel yang berubah sebagai hasil akibat dari kegiatan manipulasi. *Variabel kontrol* adalah variabel yang sengaja dipertahankan konstan agar tidak berpengaruh terhadap variabel respon.

8) Menginterpretasikan Data

Fakta atau data yang diperoleh dari hasil observasi sering kali memberikan suatu pola. Pola dari fakta/data ini dapat ditafsirkan lebih lanjut menjadi suatu penjelasan yang logis. Karakteristik keterampilan interpretasi diantaranya: mencatat setiap hasil pengamatan, menghubungkan-hubungkan hasil pengamatan, menemukan pola atau keteraturan dari suatu seri pengamatan dan menarik kesimpulan. Keterampilan interpretasi data biasanya diawali dengan pengumpulan data, analisis data, dan mendeskripsikan data. Mendeskripsikan data artinya menyajikan data dalam bentuk yang mudah difahami misalnya bentuk tabel, grafik dengan angka-angka yang sudah dirata-ratakan. Data yang sudah dianalisis baru diinterpretasikan menjadi suatu kesimpulan atau dalam bentuk pernyataan. Data yang diinterpretasikan harus data yang membentuk pola atau beberapa kecenderungan.



9) Merumuskan Hipotesis

Hipotesis biasanya dibuat pada suatu perencanaan penelitian yang merupakan pekerjaan tentang pengaruh yang akan terjadi dari variabel manipulasi terhadap variabel respon. Hipotesis dirumuskan dalam bentuk pernyataan bukan pertanyaan, pertanyaan biasanya digunakan dalam merumuskan masalah yang akan diteliti (Nur, 1996). Hipotesis dapat dirumuskan secara *induktif* dan secara *deduktif*. Perumusan secara induktif berdasarkan data pengamatan, secara deduktif berdasarkan teori. Hipotesis dapat juga dipandang sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah. Hipotesis dapat juga dipandang sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah.

Misalkan seorang siswa memiliki data percobaan laju reaksi logam magnesium dengan larutan asam klorida sebagai berikut:

Logam Mg (bentuk pita)	Asam Klorida		Waktu reaksi (detik)
	(volume)	(konsentrasi)	
5 cm	50 cm ³	1 M	60
5 cm	50 cm ³	2 M	30
5 cm	50 cm ³	3 M	20

Rumuskanlah hipotesis tentang pengaruh konsentrasi HCl terhadap laju reaksi !

Gambar 2.4 Contoh merumuskan hipotesis berdasarkan hasil percobaan

10) Mendefinisikan Variabel Secara Operasional

Mendefinisikan secara operasional suatu variabel berarti menetapkan bagaimana suatu variabel itu diukur. Definisi operasional variabel adalah definisi yang menguraikan bagaimana mengukur suatu variabel. Definisi ini harus menyatakan tindakan apa yang akan dilakukan dan pengamatan apa yang akan dicatat dari suatu eksperimen. Keterampilan ini merupakan komponen keterampilan proses yang paling sulit dilatihkan karena itu harus sering di ulang-ulang (Nuh dalam Poppy, 2010).

Contoh: Peserta didik melakukan percobaan pengaruh suhu terhadap laju reaksi antara larutan natrium tiosulfat 0.2M dengan asam klorida 1 M.

Rumusan hipotesis:



“ Makin tinggi suhu larutan natrium tiosulfat, makin cepat laju reaksi “

Tabel data hasil observasi

Larutan Na ₂ S ₂ O ₃ 0.2M		Larutan HCl 1M		Waktu sampai tanda silang tidak tampak (detik)
Volume (mL)	Suhu (°C)	Volume (mL)	Suhu (°C)	
20	25	20	25	40
20	40	20	25	30
20	55	20	25	20

Identifikasi variabel:

- Variabel Manipulasi: Suhu
- Variabel Respon: Waktu
- Variable Kontrol: Volume larutan, konsentrasi larutan, termometer, gelas ukur, stopwatch, gelas kimia, tanda silang

Definisi operasional variabel

- Definisi operasional variabel manipulasi : Suhu larutan diukur menggunakan termometer
- Definisi operasional variabel respon: Waktu diukur dengan menggunakan stopwatch
- Definisi operasional variabel kontrol: Alat-alat ukur seperti stopwach, gelas kimia, termometer, gelas ukur harus sama untuk semua percobaan.

11) Melakukan Eksperimen

Eksperimen dapat didefinisikan sebagai kegiatan terinci yang direncanakan untuk menghasilkan data untuk menjawab suatu masalah atau menguji suatu hipotesis. Suatu eksperimen akan berhasil jika variabel yang dimanipulasi dan jenis respon yang diharapkan dinyatakan secara jelas dalam suatu hipotesis, juga penentuan kondisi-kondisi yang akan dikontrol sudah tepat. Melatihkan merencanakan eksperimen tidak harus selalu dalam bentuk penelitian yang rumit, tetapi cukup dilatihkan dengan menguji hipotesis-hipotesis yang berhubungan dengan konsep-konsep didalam kurikulum.

Melalui penerapan keterampilan proses pada pembelajaran Kimia yang disajikan dengan strategi dan metode yang tepat, mudah-mudahan siswa dapat terlatih



dalam keterampilan saintifik. Hasil akhir yang diharapkan Kurikulum 2013 adalah adanya peningkatan dan keseimbangan antara kemampuan untuk menjadi manusia yang baik (*soft skills*) dan manusia yang memiliki kecakapan dan pengetahuan untuk hidup secara layak (*hard skills*) dari peserta didik yang meliputi aspek kompetensi sikap, keterampilan, dan pengetahuan.

2. Keterampilan proses pada pembelajaran Kimia

Keterampilan proses yang dikembangkan pada siswa bergantung pada karakteristik topik kimia dan kompetensi dasarnya. Contoh identifikasi keterampilan proses pada suatu topik kimia.

a. Kegiatan Praktikum/Eksperimen

Kompetensi Dasar	: 1.8 Menganalisis sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listriknya. 4.8 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan untuk mengetahui sifat larutan elektrolit dan larutan non- elektrolit
Indikator Pencapaian Kompetensi	: 1. Menjelaskan pengertian larutan elektrolit dan nonelektrolit berdasarkan data hasil percobaan 2. Mengidentifikasi sifat-sifat larutan elektrolit dan non elektrolit melalui percobaan 3. Mengelompokkan larutan ke dalam larutan elektrolit dan non elektrolit berdasarkan sifat hantaran listriknya 4. Merancang alat dan percobaan untuk menyelidiki sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya 5. Melakukan percobaan daya hantar listrik pada beberapa larutan.
Topik	: Larutan elektrolit dan nonelektrolit
Sub Topik/Tema	: Sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listriknya

Deskripsi Kegiatan

Peserta didik menguji daya hantar listrik larutan menggunakan alat uji elektrolit yang dirancang peserta didik sebagai tugas proyek dan mengelompokkan larutan yang diuji ke dalam larutan elektrolit dan non elektrolit berdasarkan sifat hantaran listriknya. Setelah itu mereka menyimpulkan pengertian larutan elektrolit dan non elektrolit

Rancangan Lembar Kegiatan Siswa

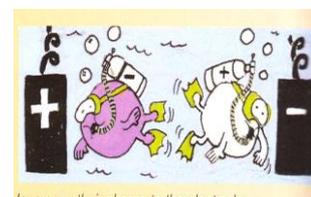


LEMBAR KEGIATAN EKSPERIMEN

LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON ELEKTROLIT

I. Pendahuluan

Mengapa dilarang menggunakan alat-alat listrik pada saat tangan kita basah? Apakah air dapat menghantarkan listrik? Larutan ada yang dapat menghantarkan listrik ada pula yang tidak dapat menghantarkan listrik. Apa penyebabnya?



Larutan adalah suatu campuran dua zat atau lebih yang sifatnya homogen. Daya hantar listrik dari larutan bergantung pada banyaknya ion dalam larutan. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan elektrolit dan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan non elektrolit. Bagaimana membedakan larutan elektrolit dan non-elektrolit dan kekuatan daya hantar larutan elektrolit? Cobalah lakukan percobaan berikut ini.

II. Tujuan

1. Menguji daya hantar listrik berbagai larutan dengan alat uji elektrolit
2. Membedakan larutan elektrolit dengan larutan non elektrolit

III. Alat dan Bahan:

Alat:

Lampu kecil	1 buah
Gelas kimia 100 mL	10 buah
Baterai 1,5 V	4 buah
Kabel	
Elektroda karbon	2 buah

Bahan:

Aquades
Larutan NaOH 1 M, Larutan KCl 1 M
Larutan HCl 1 M, Larutan gula pasir 1 M
Larutan garam dapur 1M, Larutan asam cuka 1M, Larutan soda kue (NaHCO₃) 1M
Larutan amonia 1M, Alkohol, Air Jeruk

IV. Langkah Kerja

1. Siapkan 10 gelas kimia 100 mL dan berilah label 1 sampai 10, kemudian isilah gelas kimia tersebut secara berurutan masing-masing dengan aquades kemudian larutan HCl, NaOH, KCl, H₂SO₄, gula pasir, garam dapur, asam cuka, soda kue (NaHCO₃), sabun mandi, amonia (NH₃).
2. Rangkailah lampu kecil, kabel, baterai, dan elektroda karbon yang telah disediakan di meja praktikum menjadi sebuah rangkaian listrik. Cek rangkaian tersebut sampai lampu menyala jika elektrode dihubungkan.
3. Ambil satu buah gelas kimia dan isi dengan aquades sampai volum 75 mL. Celupkan kedua elektrode karbon ke dalam aquades. Amati apa yang terjadi pada lampu dan elektrode, catat hasil pengamatanmu dan masukkan kedalam tabel pengamatan sesuai dengan larutan di atas .
4. Ulangi percobaan seperti langkah no. 3 untuk larutan lainnya, volume larutan dan kedalaman elektrode larutan harus sama.

Perhatian : Kedua elektroda harus dicuci bersih dan dikeringkan dengan tisu sebelum dicelupkan ke dalam larutan yang akan diuji.

V. Tabel Pengamatan

No.	Larutan	Pengamatan pada lampu	Pengamatan pada elektrode
1.	Aquades		
2.	Larutan NaOH 1 M		
3.	Larutan KCl 1 M		



4.	Larutan HCl 1 M		
5.	Larutan gula pasir 1 M		
6.	Larutan garam dapur 1M		
7.	Larutan asam cuka 1M		
8.	Larutan soda kue (NaHCO_3) 1M		
9.	Air jeruk		
10.	Larutan amonia 1M		
11.	Alkohol		

VI. **Pertanyaan:**

Berdasarkan hasil pengamatan di atas jawablah pertanyaan berikut :

1. Larutan apa saja yang dapat menghantar listrik dan yang tidak dapat menghantar listrik ?
2. Apa tanda-tanda larutan menghantarkan arus listrik?
3. Apa tanda-tanda larutan yang tidak menghantar arus listrik?
4. Perkirakan mengapa beberapa larutan dapat menghantarkan listrik ?
5. Berikan contoh-contoh larutan lain yang kamu kenal yang merupakan elektrolit dan non elektrolit!
6. Buatlah kesimpulan dari percobaan ?

Keterampilan Proses yang dikembangkan

Keterampilan proses sains yang dapat dikembangkan melalui kegiatan pembelajaran Sifat larutan elektrolit dan nonelektrolit ini contohnya adalah

Keterampilan Proses	Uraian Keterampilan
Mengamati	Mengamati nyala lampu pada alat uji elektrolit Mengamati gelembung gas disekitar elektroda yang tercelup dalam larutan
Mengukur	Mengukur volume larutan, kedalaman elektroda yang tercelup larutan, memperkirakan jumlah gelembung gas di sekitar elektrode
Mengklasifikasi	Mengelompokkan larutan berdasarkan gejala-gejala yang muncul pada percobaan (nyala lampu dan gelembung gas)
Menyimpulkan	Menyimpulkan sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya
Mengontrol variabel	Variabel manipulasi: jenis larutan Variabel respon: daya hantar listrik(nyala lampu) dan gelembung gas. Variabel kontrol: konsentrasi larutan , volume larutan, wadah larutan, alat uji elektrolit Melakukan pengujian dan pengamatan dengan cara yang



sama

Menginterpretasikan data	Mengolah data dengan melihat pola dan kecenderungan data pengujian terhadap larutan elektrolit dan non elektrolit
Mengkomunikasikan	Membuat laporan praktikum dan presentasi hasil percobaan
Merancang eksperimen	Merancang alat uji elektrolit yang pada kegiatan ini ditugaskan sebagai tugas proyek sebelum kegiatan belajar atau seminggu sebelumnya

b. Kegiatan Non Eksperimen

Lembar Kegiatan

Kompetensi Dasar	: 3.8 Menganalisis sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listriknya. 4.8 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan untuk mengetahui sifat larutan elektrolit dan larutan non- elektrolit
Indikator Pencapaian Kompetensi	: 1. Menjelaskan penyebab kemampuan larutan elektrolit menghantarkan arus listrik 2. Menjelaskan perbedaan larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah berdasarkan data hasil percobaan 3. Memberikan contoh larutan yang bersifat elektrolit kuat dan elektrolit lemah 4. Menganalisis data hasil percobaan daya hantar listrik larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. 5. Menyimpulkan kekuatan sifat larutan elektrolit berdasarkan data percobaan daya hantar listrik larutan 6. Mengkomunikasikan hasil percobaan tentang sifat larutan elektrolit dan nonelektrolit
Topik /Tema	: larutan elektrolit dan nonelektrolit
Sub Topik/Tema	: perbedaan larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah berdasarkan data hasil percobaan

Deskripsi Kegiatan

Peserta didik mendiskusikan kekuatan sifat larutan elektrolit dan senyawa pembentuk larutan elektrolit berdasarkan data hasil percobaan

Rancangan Lembar Kegiatan Siswa

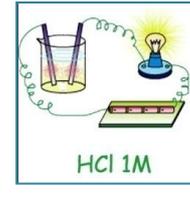
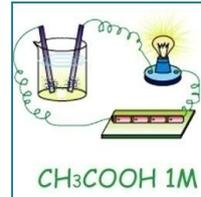
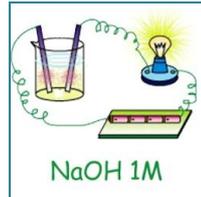
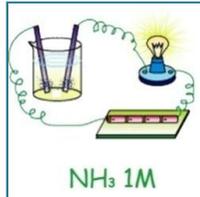


Non eksperimen

KEKUATAN SIFAT LARUTAN ELEKTROLIT

Banyak larutan bersifat elektrolit, apakah kekuatan daya hantar listrik larutan elektrolit itu sama? Untuk mengetahuinya lakukan kegiatan berikut.

Amati gambar percobaan daya hantar listrik dan isi tabel pengamatan sesuai dengan kegiatan pada percobaan daya hantar listrik larutan.



Pengamatan

No.	Larutan	Sifat	Rumus	Nyala Lampu	Gelembung gas
1.	Asam klorida	Asam kuat			
2.	Asam asetat	Asam lemah			
3.	Natrium hidroksida	Basa kuat			
4.	Amonia	Basa lemah			

Catatan: Asam kuat dan basa kuat dalam larutannya terionisasi sempurna
Asam lemah dan basa lemah dalam larutannya terionisasi sebagian

Pertanyaan

NO	PERTANYAAN	JAWAB
1.	Apakah semua larutan bersifat elektrolit?
2.	Bandingkan nyala lampu di antara: a. Larutan HCl 1M dengan CH_3COOH 1M b. Larutan NaOH 1 M dengan NH_3 1 M
3.	Apa yang menyebabkan perbedaan tersebut?
4.	Berdasarkan percobaan di atas, jelaskan pengertian: a. larutan elektrolit kuat b. larutan elektrolit lemah
5.	Tentukan variabel-variabel tersebut pada percobaan di atas.	Variabel manipulasi : Variabel respons : Variabel kontrol :



--	--	--

Keterampilan proses sains yang dapat dikembangkan pada kegiatan pembelajaran larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah ini, contohnya adalah:

Keterampilan Proses	Uraian Keterampilan
Mengamati	Mengamati nyala lampu pada gambar alat uji elektrolit Mengamati gambar gelembung gas di sekitar elektroda yang tercelup dalam larutan
Mengklasifikasi	Mengelompokkan larutan elektrolit berdasarkan gejala-gejala yang muncul pada percobaan (nyala lampu dan gelembung gas)
Menyimpulkan	Menyimpulkan sifat larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah berdasarkan daya hantar listriknya
Mengontrol variabel	Variabel manipulasi: jenis larutan Variabel respon: daya hantar listrik(nyala lampu) dan gelembung gas Variabel kontrol: konsentrasi larutan , volume larutan, wadah larutan, alat uji elktrolit Melakukan pengujian dan pengamatan dengan cara yang sama
Menginterpretasikan data	Mengolah data dengan melihat pola dan kecenderungan data pengujian terhadap larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah
Mengkomunikasikan	Membuat laporan praktikum dan presentasi hasil percobaan

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang keterampilan proses Anda dapat mencoba melakukan keterampilan proses dalam kimia baik melalui kegiatan eksperimen dan non eksperimen. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai identifikasi keterampilan proses yang dapat dilatihkan pada suatu konsep kimia selanjutnya Anda diminta melakukan keterampilan proses merancang eksperimen, menguji coba rancangan dan mengidentifikasi keterampilan proses yang dilatihkan pada peserta didik melalui kegiatan dalam rancangan.



Lembar Kegiatan 1

Identifikasi Keterampilan Proses

Tujuan Kegiatan: Melalui diskusi kelompok peserta mampu mengidentifikasi keterampilan proses yang dapat dilatihkan melalui pembelajaran kimia

Langkah Kegiatan:

1. Pelajari *hand out* tentang keterampilan proses
2. Pilihlah salah satu KD kimia, pelajari materi kimia yang harus disajikan pada KD tersebut
Identifikasi keterampilan proses yang dapat dilatihkan kepada peserta didik baik melalui kegiatan praktikum atau diskusi.
3. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
4. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Format Rancangan Kegiatan keterampilan proses pada pembelajaran kimia sesuai contoh pada teks uraian materi

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Diantara keterampilan–keterampilan berikut yang termasuk keterampilan proses dasar....
 - A. pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menggolongkan, ineterpretasi data
 - B. pengamatan, pengukuran, perumusan hipotesa, menggolongkan, mengkomunikasikan
 - C. pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menginterpretasikan data mengkomunikasikan,
 - D. pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menggolongkan, mengkomunikasikan.
2. Sub indikator keterampilan proses sains adalah sebagai berikut “ Mencari perbedaan dan persamaan, mengontraskan ciri-ciri dan membandingkan,



mencari dasar pengelompokkan atau penggolongan”. Indikator keterampilan proses dari sub-sub tersebut adalah....

- A. klasifikasi
 - B. mengamati
 - C. menafsirkan
 - D. interpretasi
3. Berikut ini indikator salah satu keterampilan proses sains
- *Mengetahui bahwa ada lebih dari satu kemungkinan penjelasan dari suatu kejadian.*
 - *Menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya dengan memperoleh bukti lebih banyak atau melakukan cara pemecahan masalah.*

Kedua pernyataan tersebut termasuk indikator keterampilan proses. . . .

- A. merencanakan percobaan
 - B. merumuskan hipotesis
 - C. menggunakan alat/bahan
 - D. menerapkan konsep
4. Pada pembelajaran topik larutan elektrolit, sekelompok siswa melakukan percobaan perbedaan sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya. Siswa menguji larutan asam klorida, natrium hidroksida, asam asetat, urea, dan larutan gula dengan elektrolit tester. Diantara urutan keterampilan proses berikut, yang dilakukan siswa dalam praktek tersebut adalah
- A. mengukur, merumuskan hipotesis , mengamati, menginterpretasi data
 - B. mengamati, mengklasifikasi, menginterpretasi data, dan menyimpulkan
 - C. meramalkan, mengklasifikasi, mengkomunikasikan dan menyimpulkan,
 - D. mengamati, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, dan mengidentifikasi variabel
5. Diantara keterampilan berikut yang *tidak* termasuk keterampilan mengkomunikasikan adalah. . . .
- A. mengutarakan suatu gagasan.
 - B. menjelaskan penggunaan data hasil penginderaan/memeriksa secara akurat suatu objek atau kejadian.



- C. mengubah data dalam bentuk tabel ke bentuk lainnya misalnya grafik, peta secara akurat
- D. mengubah konsep yang telah dipelajari dalam konsep lain dengan situasi baru
6. Didalam kegiatan belajar mengajar seorang siswa mengolah data menjadi bentuk pola atau beberapa kecenderungan. Kegiatan tersebut merupakan keterampilan proses yang disebut
- A. hipotesis
- B. inferensi
- C. interpretasi data
- D. identifikasi variable
7. Perhatikan soal yang terdapat pada buku Kimia berikut.

Berikut ini adalah data pengujian larutan dengan alat uji elektrolit

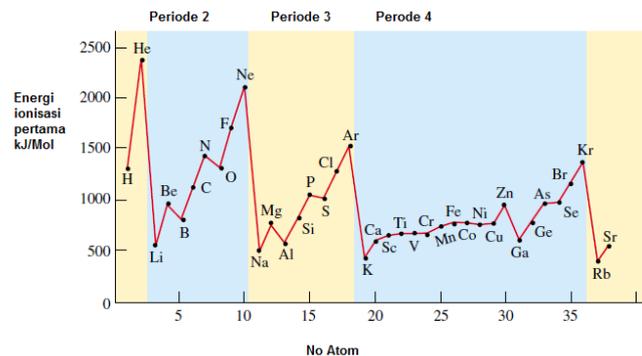
Larutan	Lampu	Pengamatan lain pada elektroda
I	Menyala terang	Ada gelembung gas
II	Tidak menyala	Tidak ada gelembung gas
III	Menyala redup	Ada gelembung gas
IV	Tidak Menyala	Tidak ada gelembung gas
V	Tidak Menyala	Ada gelembung gas

Dari data di atas yang termasuk larutan elektrolit adalah....

- A. II, V dan I
- B. I, III dan V
- C. I, III dan II
- D. II, V dan III
- E. I, II dan IV
- Soal tersebut menilai peserta didik dalam keterampilan proses
- A. klasifikasi
- B. interpretasi
- C. infering
- D. prediksi



8. Keterampilan proses sains dibagi menjadi Keterampilan Proses Dasar dan Keterampilan Proses Terpadu. Peserta didik diberi kegiatan mendiskusikan sifat periodik unsur tentang kecenderungan energi ionisasi unsur-unsur dengan bantuan gambar berikut



Keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu yang dilatihkan pada peserta didik melalui kegiatan ini berturut-turut adalah. . .

- menggolongkan dan menyimpulkan
- mengamati dan menginterpretasikan data
- mengamati dan menggolongkan
- meramalkan dan membuat hipotesis

F. Rangkuman

Keterampilan proses adalah keterampilan fisik dan mental terkait dengan kemampuan- kemampuan yang mendasar yang dimiliki, dikuasai dan diaplikasikan dalam suatu kegiatan ilmiah, sehingga para ilmuwan berhasil menemukan sesuatu yang baru. *American Association for the Advancement of Science* (1970) mengklasifikasikan menjadi keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu. Keterampilan proses dasar terdiri dari pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menggolongkan, mengkomunikasikan, sedangkan Keterampilan proses terpadu terdiri dari pengontrolan variabel, interpretasi data, perumusan hipotesa, pendefinisian variabel secara operasional, dan merancang eksperimen



G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan Pembelajaran ini.

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

A. KUNCI JAWABAN KEGIATAN BELAJAR 1

1. C
2. D
3. D
4. C
5. A

B. KUNCI JAWABAN KEGIATAN BELAJAR 2

1. D
2. A
3. B
4. B
5. D
6. C
7. A
8. B



EVALUASI

1. Bu Ani akan mengajar materi Kimia tentang elektrolisis larutan menggunakan elektroda inert. Dia menggunakan alat-alat sederhana dan memilih metode demonstrasi dengan berbagai alasan seperti pernyataan berikut, *kecuali....*
 - A. konsep akan lebih mudah diingat karena siswa melihat fakta-fakta secara langsung
 - B. tidak banyak memerlukan peralatan laboratorium
 - C. penggunaan bahan praktikum tidak boros
 - D. keselamatan kerja siswa

2. Berikut ini persyaratan yang harus dilakukan untuk menerapkan metode eksperimen pada pembelajaran kimia, adalah....
 - i. peralatan dan bahan yang sudah tersedia di depan kelas atau di laboratorium
 - ii. peralatan dan bahan yang digunakan jumlahnya memadai untuk seluruh siswa
 - iii. hanya dilakukan oleh seorang peserta didik di kelompoknya, yang lainnya cukup mengamati saja
 - iv. menggunakan peralatan yang aman bagi keselamatan dan mudah digunakannya.

Persyaratan yang benar adalah....

 - A. i, ii, dan iii
 - B. i, ii dan iv
 - C. ii, iii dan iv
 - D. i,iii dan iv

3. Seorang guru kimia mencoba merancang RPP menggunakan metode bermain peran. Topik kimia yang paling tepat untuk metode ini adalah....
 - A. Keperiodikan Unsur
 - B. Ikatan kovalen
 - C. Tata nama senyawa
 - D. Struktur atom



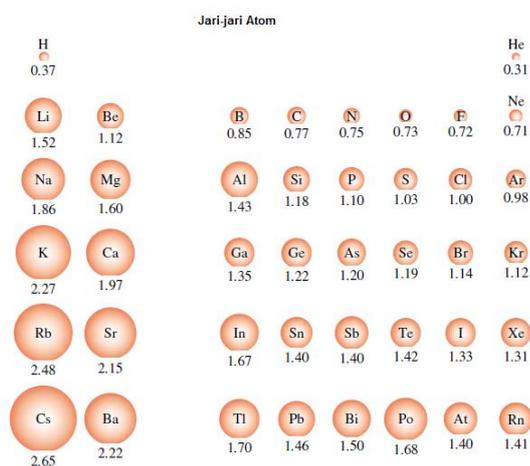
4. Berdasarkan persyaratan efisiensi alat, bahan dan waktu pada penyajian metode eksperimen, topik-topik kimia yang sesuai disajikan dengan metode ini adalah....
 - A. reaksi logam natrium dengan air
 - B. pengaruh konsentrasi pada laju reaksi
 - C. deret pendesakan logam
 - D. korosi pada logam besi

5. Berikut ini kelebihan-kelebihan metode eksperimen dari pada metode pembelajaran yang lain jika disajikan dengan benar, *kecuali*....
 - A. memfasilitasi keterampilan mengamati fakta secara langsung sehingga peserta didik mudah mengingatnya
 - B. memfasilitasi keterampilan mengasosiasi data-data yang ditemukan sampai peserta didik dapat menyimpulkan hal-hal yang ditelitinya.
 - C. Kesempatan menilai sikap dan keterampilan lebih banyak karena guru tidak banyak menjelaskan materi
 - D. melatih perilaku kerja sama pada diri siswa karena biasanya dilakukan secara berkelompok

6. Berikut ini indikator salah satu keterampilan proses sains
 - *Mencatat setiap pengamatan secara terpisah*
 - *Mencari perbedaan, persamaan*
 - *Mengontraskan ciri-ciri*Kedua pernyataan tersebut termasuk indikator keterampilan proses. . . .
 - A. merencanakan percobaan
 - B. merumuskan hipotesis
 - C. menggunakan alat/bahan
 - D. mengklasifikasikan



7. Diantara keterampilan berikut yang *tidak* termasuk keterampilan menginterpretasikan data adalah. . . .
- menghubungkan-hubungkan hasil pengamatan,
 - menemukan pola atau keteraturan dari suatu seri pengamatan
 - menarik kesimpulan dari penemuan keteraturan data
 - mengubah data dalam bentuk tabel ke bentuk lainnya misalnya grafik, peta secara akurat
8. Keterampilan proses sains dibagi menjadi Keterampilan Proses Dasar dan Keterampilan Proses Terpadu. Peserta didik diberi kegiatan mendiskusikan sifat periodik unsur tentang jari-jari atom dengan bantuan gambar berikut



Keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu yang dilatihkan pada peserta didik melalui kegiatan ini berturut-turut adalah....

- menggolongkan dan menyimpulkan
- mengamatidan menginterpretasikan data
- mengamati dan menggolongkan
- menggolongkan dan menginterpretasikan data



9. Pada pembelajaran topik larutan elektrolit dan nonelektrolit, sekelompok siswa melakukan percobaan perbedaan sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya. Siswa menguji berbagai larutan contohnya natrium klorida, natrium hidroksida, asam klorida, asam asetat, urea, dan larutan gula dengan elektrolit tester. Diantara urutan keterampilan proses berikut, yang dilakukan siswa dalam praktek tersebut adalah
- A. mengukur, merumuskan hipotesis, mengamati, menginterpretasi data
 - B. mengamati, mengklasifikasi, menginterpretasi data, dan menyimpulkan
 - C. meramalkan, mengklasifikasi, mengkomunikasikan dan menyimpulkan,
 - D. mengamati, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, dan mengidentifikasi variable
10. Beberapa kelompok peserta didik sedang merancang eksperimen pengaruh suhu terhadap laju reaksi dengan mereaksikan larutan natriumtiosulfat dan asam klorida. Mereka menentukan contoh variabel–variabel pada rancangan eksperimen tersebut seperti pada tabel berikut.

Kelompok	Variabel Manipulasi	Variabel Kontrol	Variabel Respon
P	Suhu larutan	Konsentrasi larutan	Waktu
Q	Volume larutan	Suhu larutan	Waktu
R	Jenis larutan	Waktu	Suhu larutan
T	Suhu larutan	Waktu	Laju reaksi

Kelompok yang tepat menentukan variabel pada rancangan percobaannya mulai dari variabel manipulasi, kontrol dan respon adalah

- A. P
- B. Q
- C. R
- D. S

PENUTUP

Modul Pedagogik Guru Pembelajar Mata Pelajaran Kimia Kelompok Kompetensi C yang berjudul Metode dan Pendekatan Pembelajaran IPA disiapkan untuk guru pada kegiatan guru pembelajar baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogi yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi C. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan diklat ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan kegiatan.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi C ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Kemdiknas. 2007. **Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru**. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdikbud. 2014. **Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas / Madrasah Aliyah**. Jakarta: Puskurbuk
- Kemdikbud. 2014. **Permendikbud No. 104 Tahun 2014 tentang Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah**. Jakarta: Puskurbuk
- Kemdikbud. 2015. **Panduan Untuk Sekolah Menengah Atas** .Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
- Nuryani_Rustaman, http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODI.PENDIDIKAN_IPA/195012311979032/NURYANI_RUSTAMAN/Asesmen_pendidikan_IPA.pdf last update Januari 2013.
- Poppy K. Devi. 2015. **Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013**. Mata Pelajaran Kimia tahun 2015. Pusbangprodik, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Poppy, K., Siti Kalsum., dkk. 2009. **Kimia 1, Kelas X SMA dan MA**. Edisi BSE. Jakarta. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Surapranata, Sumarna.2004. **Panduan Penulisan Tes Tertulis Implementasi Kurikulum 2004**. Bandung:PT Remaja Rosdakarya
- Surapranata, Sumarna.2004. **Penilaian Fortofolio Implementasi Kurikulum 2004**.Bandung:PT Remaja Rosdakarya
- Tim Pengembang . 2013. **Modul Implementasi Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Kimia**. Jakarta. Pusbangprodik



GLOSARIUM

Indikator Pencapaian Kompetensi	: - Perilaku yang dapat diukur dan/atau diobservasi untuk kompetensi dasar (KD) pada kompetensi inti (KI)-3 dan KI-4; - Perilaku yang dapat diobservasi untuk disimpulkan sebagai pemenuhan KD pada KI-1 dan KI-2, yang keduanya menjadi acuan penilaian mata pelajaran.
Kompetensi Dasar	: Kemampuan dan muatan pembelajaran untuk suatu mata pelajaran pada Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah yang mengacu pada Kompetensi Inti.
Kompetensi Inti	: Merupakan tingkat kemampuan untuk mencapai Standar Kompetensi Lulusan yang harus dimiliki seorang peserta didik Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah pada setiap tingkat kelas.
Kurikulum	: Seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu
Metode Pembelajaran	: Cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Atau cara menyajikan isi pembelajaran kepada siswa untuk mencapai kompetensi tertentu.
Keterampilan	: Kemampuan menggunakan pikiran, nalar dan perbuatan secara efisien dan efektif untuk mencapai suatu hasil tertentu, termasuk kreativitas.
Pendekatan	: Perlakuan yang diterapkan dalam pembelajaran yang



Keterampilan	menekankan pada pembentukan keterampilan
Proses	memperoleh pengetahuan kemudian mengkomunikasikan perolehannya
Portofolio	: kumpulan karya-karya peserta didik dalam bidang tertentu yang diorganisasikan untuk mengetahui minat, perkembangan, prestasi, dan/atau kreativitas peserta didik dalam kurun waktu tertentu.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

**MATA PELAJARAN KIMIA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI C

**BENTUK MOLEKUL, REDOKS 3,
TERMOKIMIA 1, STOIKIOMETRI 3, LAJU
REAKSI 1**

Penulis :

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd., dkk



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016**

MODUL GURU PEMBELAJAR

**MATA PELAJARAN KIMIA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI C

**BENTUK MOLEKUL, REDOKS 3,
TERMOKIMIA 1, LAJU REAKSI 1**

Penulis:

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd, dkk



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN KIMIA

SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI C

BENTUK MOLEKUL, REDOKS 3, TERMOKIMIA 1, LAJU REAKSI 1

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penyusun

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.

022-4231191 devipopi@yahoo.co.id

Dra. Rella Turella, M.Pd

022-4231191 rellaturella@gmail.com

Sumarni Setiasih, S.Si, M.Pkim

022-4231191 enni_p3gipa@yahoo.co.id

Yayu Sri Rahayu, S.Si, M.Pkim.

022-4231191 yayusrrhy@gmail.com

Penyunting

Dr. Indrawati, M.Pd

Penelaah

Dr. Sri Mulyani, M.Si.

Dr. I Nyoman Marsih, M.Si.

Dr. Suharti, M.Si.

Dra. Lubna, M.Si

Angga Yudha, S.Si

Penata Letak

Titik Uswah, S.P., M.Pd.

Copyright © 2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA),

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau email p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, dan Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan Kompetensi Guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
PENDAHULUAN	
	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. PETA KOMPETENSI	2
D. RUANG LINGKUP	3
E. CARA PENGGUNAAN MODUL	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
	7
I. BENTUK MOLEKUL DAN GAYA ANTAR MOLEKUL	7
A. TUJUAN	8
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	8
C. URAIAN MATERI	8
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	31
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	33
F. RANGKUMAN	36
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	36
II. REDOKS 3 (ELEKTROLISIS)	37
A. TUJUAN	38
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	38
C. URAIAN MATERI	38



	D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	49
	E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	55
	F. RANGKUMAN	58
	G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	58
	III. TERMOKIMIA 1	59
	A. TUJUAN	59
	B. INDIKATOR KETERCAPAIAN KOMPETENSI	59
	C. URAIAN MATERI	60
	D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	71
	E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	75
	F. RANGKUMAN	77
	G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	78
	IV. STOIKIOMETRI III (PERHITUNGAN KIMIA)	79
	A. TUJUAN	80
	B. INDIKATOR KETERCAPAIAN KOMPETENSI	80
	C. URAIAN MATERI	80
	D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	89
	E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	92
	F. RANGKUMAN	95
	G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	95
	V. LAJU REAKSI DAN TEORI TUMBUKAN	97
	A. TUJUAN	98
	B. INDIKATOR KETERCAPAIAN KOMPETENSI	98
	C. URAIAN MATERI	98
	D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	113
	E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	117
	F. RANGKUMAN	119
	G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	120



KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	121
EVALUASI	123
PENUTUP	131
DAFTAR PUSTAKA	133
GLOSARIUM	137

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Bentuk Molekul dengan dua pasangan elektron	11
Tabel 1.2	Bentuk molekul dengan tiga pasangan elektron	12
Tabel 1.3	Bentuk molekul dengan empat pasangan elektron	13
Tabel 1.4	Bentuk molekul dengan lima pasangan elektron	14
Tabel 1.5	Bentuk molekul dengan enam pasangan elektron	15
Tabel 1.6	Macam-macam Hibridisasi	24
Tabel 1.7	Momen Dipol beberapa molekul polar	26
Tabel 1.8	Titik didih unsur halogen dan gas mulia	40
Tabel 5.1	Data pengukuran volum	101



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Bagan Cara Penggunaan Modul	4
Gambar 1.1	Bentuk geometri balon-balon dalam ikatan	9
Gambar 1.2	Bentuk molekul dan sudut ikatannya	9
Gambar 1.3	Ikatan dan pasangan elektron pada molekul	10
Gambar 1.4	Bagan gaya tolak menurut model VSEPR	15
Gambar 1.5	Molekul AsH_3	17
Gambar 1.6	Molekul OF_2	17
Gambar 1.7	Molekul AlCl_4^-	18
Gambar 1.8	Bentuk orbital pada BCl_2	19
Gambar 1.9	Bentuk orbital pada BF_3	20
Gambar 1.10	Bentuk orbital sp^3	20
Gambar 1.11	Ikatan sigma dan pi pada etena	22
Gambar 1.12	Ikatan pada etena	23
Gambar 1.13	Ikatan pada etuna	23
Gambar 1.14	Gaya dipol-dipol pada HCl	27
Gambar 1.15	Posisi molekul pada gaya dipol-dipol	27
Gambar 1.16	Posisi molekul triklorometan pada gaya dipol-dipol	28
Gambar 1.17	Gaya London pada molekul nonpolar	28
Gambar 1.18	Ikatan kovalen dan ikatan hidrogen pada air	29
Gambar 1.19	Titik didih hidrida golongan VI A	30
Gambar 1.20	Ikatan hidrogen antara molekul HF	30



Gambar 1.21	Titik didih senyawa hidrida golongan V dan VII	30
Gambar 1.22	Ikatan hidrogen antara molekul HF	31
Gambar 2.1	Penyepuhan sendok dengan perak	37
Gambar 2.2	Aliran ion-ion pada sel elektrolisis	39
Gambar 2.3	Alat untuk elektrolisis air skala kecil	40
Gambar 2.4	Alat untuk elektrolisis air skala kecil	41
Gambar 2.5	a. Sel Downs untuk elektrolisis lelehan NaCl; b. Diagram sederhana yang menunjukkan reaksi selama elektrolisis lelehan NaCl.	42
Gambar 2.6	Elektrolisis larutan NaCl	43
Gambar 2.7	Penyepuhan sendok besi dengan perak	45
Gambar 2.8	Pemurnian tembaga (Cu) dengan elektrolisis	46
Gambar 2.9	Proses <i>Hall-Héroult</i> untuk ekstraksi logam Al	47
Gambar 2.10	Sel diafragma untuk memproduksi larutan NaOH	48
Gambar 3.1	Sistem pertukaran energi terbuka, tertutup, dan tersekat	64
Gambar 3.2	Diagram proses eksoterm dan endoterm antara sistem dan lingkungan	68
Gambar 3.3	Diagram entalpi reaksi	69
Gambar 4.1	Pereaksi Pembatas	81
Gambar 5.1	Asam sulfat dan pupuk amonium sulfat	97
Gambar 5.2	Perubahan molekul A menjadi B dalam waktu tertentu	99
Gambar 5.3	Grafik Perubahan molekul A menjadi B dalam waktu tertentu	99
Gambar 5.4	Percobaan pengukuran volum gas	101
Gambar 5.5	Grafik volum gas yang dihasilkan terhadap waktu	101
Gambar 5.6	Percobaan laju reaksi	103



Gambar 5.7	Kemungkinan tumbukan antara molekul NO dan N ₂ O	106
Gambar 5.8	Energi aktivasi	108
Gambar 5.9	Tahap-tahap reaksi	108
Gambar 5.10	Energi potensial pada reaksi dengan katalis dan tanpa katalis	109
Gambar 5.11	Katalisis reaksi adisi hidrogen terhadap etena dengan katalis nikel	110
Gambar 5.12	Perubahan pada penguraian H ₂ O ₂ dengan kalium natrium tartrat	111

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru merupakan tenaga profesional yang bertugas merencanakan dan melaksanakan proses pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan. Untuk melaksanakan tugas tersebut, guru dituntut mempunyai empat kompetensi yang mumpuni, yaitu kompetensi pedagogi, profesional, sosial dan kepribadian. Agar kompetensi guru tetap terjaga dan meningkat. Guru mempunyai kewajiban untuk selalu memperbaharui dan meningkatkan kompetensinya melalui kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai esensi pembelajar seumur hidup. Untuk bahan belajar (*learning material*) guru, dikembangkan modul yang menuntut guru belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul diklat yang berjudul “Bentuk Molekul, Redoks 3, Termokimia 1, Stoikiometri 3, Laju Reaksi 1” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada kelompok kompetensi C. Materi pada modul dikembangkan berdasarkan kompetensi profesional guru pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007.

Setiap materi bahasan dikemas dalam kegiatan pembelajaran yang memuat tujuan, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/tugas, rangkuman, umpan balik dan tindak lanjut.

Di dalam modul kelompok kompetensi C ini, pada bagian pendahuluan diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru pembelajar setelah mengikuti kegiatan. Peta kompetensi yang harus dikuasai guru pada kelompok kompetensi C, ruang lingkup, dan saran penggunaan modul. Setelah guru mempelajari modul ini diakhiri dengan evaluasi untuk pengujian diri.



B. Tujuan

Setelah guru belajar dengan modul ini diharapkan: Memahami materi kompetensi profesional meliputi Bentuk Molekul, Redoks 3, Termokimia 1, Stoikiometri 3, Laju Reaksi 1.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah guru belajar dengan modul ini adalah menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini adalah:

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mapel	Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.12 Menentukan bentuk molekul berdasarkan teori VSPER. 20.1.13 Menentukan besar sudut ikatan pada suatu molekul 20.1.14 Menentukan kepolaran senyawa berdasarkan harga keelektronegatifan unsur pembentuknya dan bentuk molekulnya 20.1.15 Mengidentifikasi molekul yang memiliki ikatan hidrogen 20.1.16 Menentukan gaya dipol-dipol atau gaya dispersi dari gambar molekul dan gaya antar molekulnya
20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.38. Menjelaskan konsep sel elektrolisis 20.1.39. Mengidentifikasi karakteristik jenis-jenis sel elektrolisis 20.1.40. Menjelaskan reaksi redoks pada sel elektrolisis 20.1.41. Menerapkan konsep sel elektrolisis dalam kehidupan. 20.1.42. Menentukan gejala yang terjadi pada elektrolisis suatu larutan garam
20.1. Memahami konsep-	20.1.45 Menjelaskan konsep energi dalam.



<p>konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.</p>	<p>20.1.46. Menjelaskan konsep perubahan entalpi. 20.1.47. Menjelaskan sistem dan lingkungan. 20.1.48. Membedakan reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan gejala yang timbul pada saat percobaan.</p>
<p>20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.</p>	<p>20.1.26 Menghubungkan konsep mol, hukum dasar kimia dan persamaan reaksi untuk menyelesaikan perhitungan kimia 20.1.27 Menghitung reaktan atau produk suatu reaksi berdasarkan konsep pereaksi pembatas</p>
<p>20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.</p>	<p>20.1.58. Menjelaskan konsep laju reaksi melalui interpretasi data percobaan 20.1.59. Menentukan harga laju reaksi berdasarkan data percobaan 20.1.60. Menjelaskan hubungan teori tumbukan dengan terjadinya reaksi kimia 20.1.61. Menentukan tumbukan yang menimbulkan reaksi melalui gambar</p>

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi C, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

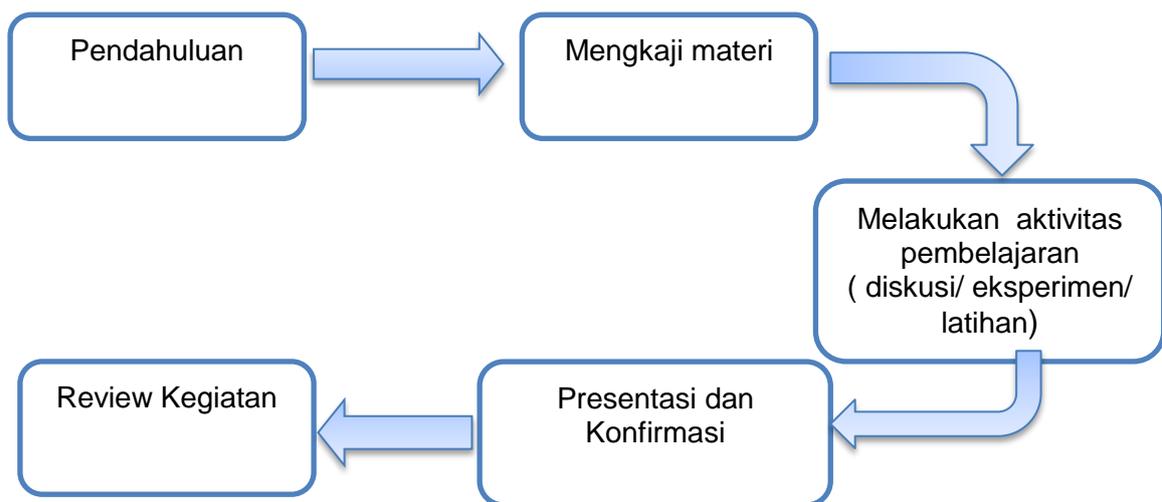


Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Bentuk Molekul dan Gaya Antar Molekul
2. Redoks 3 (Elektrolisis)
3. Termokimia 1 (Reaksi Eksoterm dan Reaksi Endoterm)
4. Stoikiometri 3
5. Laju Reaksi 1

E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian mata diklat. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sbb.



Gambar 1 Bagan Cara Penggunaan Modul

Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari :

- latar belakang yang memuat gambaran materi diklat
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi diklat
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul



2. Mengkaji materi

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dsb.

Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama

5. Review Kegiatan

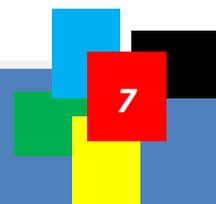
Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: BENTUK MOLEKUL DAN GAYA ANTAR MOLEKUL

Bentuk Molekul dan Gaya Antar Molekul dipelajari siswa untuk memahami sifat-sifat senyawa baik sifat fisika maupun sifat kimianya. Kimia merupakan ilmu yang diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif) namun pada perkembangan selanjutnya kimia juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif). Pada materi Bentuk Molekul dan Gaya Antar Molekul ada yang dapat dipelajari melalui percobaan juga melalui pemahaman teori. Pada modul ini materi bentuk molekul diuraikan berdasarkan teori VESPR, Hibridisasi, dan berdasarkan momen dipol juga hubungannya dengan kepolaran senyawa. Gaya antar molekul terdiri dari gaya van der Waals, gaya dispersi atau gaya London dan ikatan hidrogen berikut hubungannya dengan sifat fisik molekul-molekul. Konsep-konsep pada materi ini termasuk konsep abstrak sehingga untuk memahaminya diperlukan berbagai kegiatan untuk memudahkan memahami model serta diperlukan gambar-gambar tiga dimensi. Sesuai dengan Kurikulum 2013 topik bentuk molekul diberikan di kelas X semester 1 dengan Kompetensi Dasar(KD) 3.7 Menganalisis teori jumlah pasangan elektron di sekitar inti atom (Teori Domain Elektron) untuk menentukan bentuk molekul dan KD 4.7 Meramalkan bentuk molekul berdasarkan teori jumlah pasangan elektron di sekitar inti atom (Teori Domain Elektron).

Kompetensi Guru pada modul guru pembelajar kelompok kompetensi C ini adalah “ 20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel”





A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat memahami materi bentuk molekul berikut cara menyajikannya dalam pembelajaran, materi gaya antar molekul berikut cara menyajikannya dalam pembelajaran dan sifat fisik senyawa berdasarkan interaksi antar molekulnya.

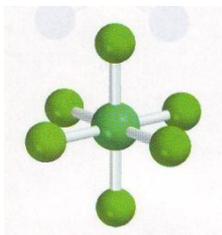
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. Menentukan bentuk molekul berdasarkan teori VSPER.
2. Menentukan besar sudut ikatan pada suatu molekul
3. Menjelaskan bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi
4. Menentukan kepolaran senyawa berdasarkan harga keelektron-negatifan unsur pembentuknya dan bentuk molekulnya
5. Mengidentifikasi molekul yang memiliki ikatan hidrogen
6. Menentukan gaya dipol-dipol atau gaya dispersi dari gambar molekul dan gaya antar molekulnya
7. Menjelaskan sifat fisik senyawa berdasarkan interaksi antar molekulnya

C. Uraian Materi

BENTUK MOLEKUL



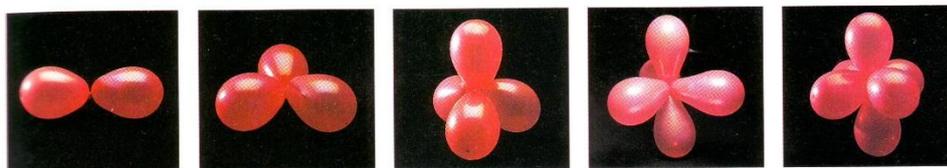
Molekul-molekul senyawa memiliki bentuk molekul atau geometri molekul tertentu. Bentuk ini dapat mempengaruhi terjadinya suatu proses atau reaksi kimia juga menyebabkan perbedaan sifat-sifat dari berbagai molekul. Bentuk molekul dapat dijelaskan melalui teori *Tolakan Pasangan Elektron Kulit Valensi* maupun teori *Hibridisasi*.



1. Teori Tolakan Pasangan Elektron Kulit Valensi

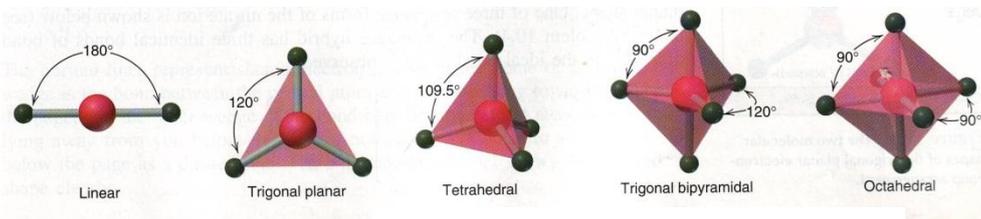
Bentuk molekul merujuk pada susunan tiga dimensi dari atom-atom dalam molekul. Di dalam suatu molekul terdapat suatu atom yang menjadi pusat dikelilingi oleh atom-atom lain yang berikatan baik ikatan tunggal, rangkap dua atau tiga. Struktur lewis dari suatu molekul menggambarkan posisi pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat baik pasangan elektron ikatan (PEI) atau pasangan elektron bebas (PEB). Untuk molekul yang relatif kecil atom pusatnya mengandung dua hingga enam ikatan, bentuknya dapat diramalkan dengan menggunakan teori *Tolakan Pasangan Elektron Kulit Valensi* (TPEKV) atau lebih dikenal dengan teori *Valence Shell Electron Pair Repulsion* (VSEPR). Teori ini didasarkan pada asumsi bahwa pasangan elektron ikatan dan pasangan elektron bebas yang mengelilingi atom pusat cenderung melakukan berada sejauh mungkin satu sama lainnya karena saling tolak menolak.

Teori VSEPR dapat digambarkan dengan menggunakan model sederhana yaitu balon-balon yang diikat dengan kuat sehingga ada daya tolak diantara balon-balon tersebut. Di dalam setiap ikatan balon-balon akan tolak menolak sejauh mungkin. Posisi balon pada masing-masing ikatan adalah seperti gambar berikut.



Gambar. 1.1 Bentuk geometri balon-balon dalam ikatan

Jika sudut antara balon dengan balon diukur didapat data sebagai berikut.



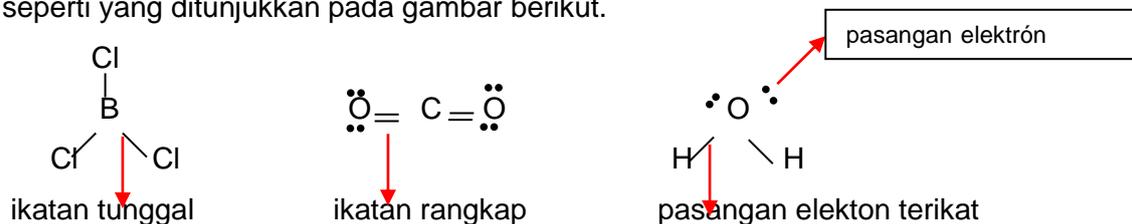
Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar. 1.2. Bentuk molekul dan sudut ikatannya



Bentuk geometri molekul tersebut merupakan bentuk dari molekul yang memiliki ikatan kovalen tunggal, dan semua pasangan elektron pada atom pusat adalah pasangan elektron ikatan. Bagaimana dengan molekul yang memiliki ikatan kovalen rangkap dua atau tiga?. Ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga daya tolak menolaknya di samakan dengan ikatan tunggal.

Melalui teori ini, kita dapat meramalkan bentuk molekul dan ion secara sistematis. Untuk mempelajari ini, molekul-molekul dibagi kedalam dua golongan, yaitu molekul dengan atom pusat yang memiliki pasangan elektron ikatan saja dan molekul yang memiliki pasangan elektron bebas dan ikatan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar. 1.3 Ikatan dan pasangan elektron pada molekul

Bentuk-bentuk molekul di dalam klasifikasi VSEPR dituliskan dalam beberapa rumus dengan lambang huruf-huruf, ada beberapa huruf yang melambangkan atom pusat, atom yang mengelilingi atom pusat, dan pasangan elektron bebas yaitu:

A = atom pusat

X = atom yang mengelilingi atom pusat

E = pasangan elektron bebas

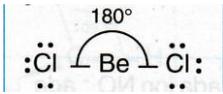
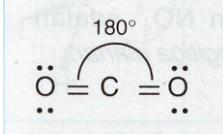
Berbagai bentuk molekul berdasarkan teori tolakan pasangan elektron dijelaskan sebagai berikut.

a. Bentuk Molekul dengan Dua Pasangan Elektron di sekitar Atom Pusat

Pada uraian ini bentuk molekul hanya diambil dari molekul-molekul yang hanya mengandung dua unsur saja seperti CH_4 , H_2O , XeF_6 . dan dilambangkan dengan A dan X. Bentuk molekul dengan dua pasangan elektron di sekitar atom pusat tertera pada tabel berikut.



Tabel 1.1 Bentuk Molekul dengan Dua Pasangan Elektron

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
BeCl_2 	AX_2		Berilium klorida memiliki dua pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat dan berada pada ujung-ujung yang berlawanan satu garis lurus agar keduanya berada sejauh mungkin satu sama lain. Sudut Cl-Be-Cl diramalkan 180° , dan molekulnya berbentuk linear
CO_2 	AX_2		Karbon dioksida memiliki dua kelompok pasangan atau domain elektron yang membentuk ikatan rangkap. Dua kelompok ini tolak menolak sejauh mungkin sehingga CO_2 merbentuk Linier.

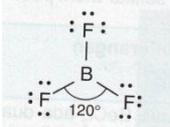
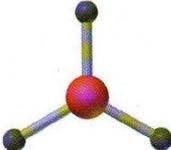
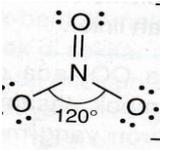
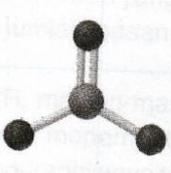
Dua pasangan elektron yang berada di sekitar atom pusat akan tolak menolak membentuk susunan elektron linier.

b. Bentuk Molekul dengan Tiga Pasangan Elektron di sekitar Atom Pusat

Bentuk molekul atau ion dengan tiga pasangan elektron di sekitar atom pusat tertera pada tabel berikut.



Tabel 1.2 Bentuk molekul dengan tiga pasangan elektron

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
BF_3 	AX_3		Boron trifluorida memiliki tiga pasangan elektron. Dalam susunan yang paling stabil, ketiga ikatannya mengarah pada titik sudut segitiga sama sisi. Bentuk molekul BF_3 adalah segitiga datar dengan sudut 120°
NO_3^- 	AX_3		Ion nitrat memiliki dua pasang elektron membentuk ikatan tunggal dan dua pasang elektron membentuk ikatan rangkap. Bentuk ion NO_3^- adalah segitiga planar dengan sudut ONO 120°
SO_2	AX_2E		Belerang dioksida memiliki tiga pasangan elektron pada atom pusat S. Dua adalah PEI dan satu adalah PEB. Susunan dari ketiga pasangan elektron adalah segitiga datar. Tapi karena salah satunya PEB, maka molekul SO_2 memiliki bentuk V atau bentuk "tekuk" dengan sudut OSO lebih kecil dari 120° .

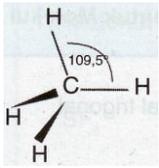
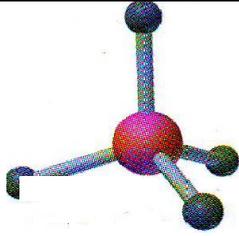
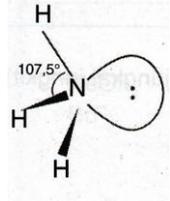
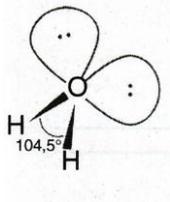
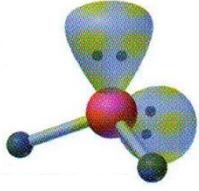
Tiga pasangan elektron terikat yang berada di sekitar atom pusat akan tolak menolak sehingga terbentuk susunan elektron segitiga planar. Carilah contoh lain dari bentuk molekul dengan tiga pasangan elektron disekitar atom pusat.

c. Bentuk Molekul dengan Empat Pasangan Elektron di sekitar Atom Pusat

Bentuk molekul dengan empat pasangan elektron di sekitar atom pusat tertera pada tabel berikut.



Tabel 1.3 Bentuk molekul dengan empat pasangan elektron

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
CH_4 	AX_4		Metana mengandung empat ikatan kovalen. Atom C terletak pada pusat tetrahedral dan empat atom H terletak pada sudut-sudutnya. Sudut ikatan H-C-H adalah $109,5^\circ$.
NH_3 	AX_3E		Amonia mengandung 4 pasang elektron, 3 PEI dan 1 PEB Struktur ruang elektron membentuk tetrahedral. Oleh karena ada 1PEB yang daya tolaknya lebih kuat dari PEI maka bentuk molekul NH_3 adalah piramidal trigonal dengan sudut H-N-H adalah $107,5^\circ$
H_2O 	AX_2E_2		Air mengandung empat pasangan elektron pada atom pusat O. Dua PEI dan dua PEB. Struktur ruang keempat pasangan elektron adalah tetrahedral. Tapi karena ada 2 PEB, maka molekul H_2O memiliki bentuk V atau bentuk "tekuk" dengan sudut H-O-H adalah $104,5^\circ$

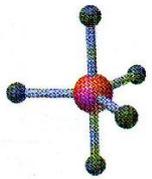
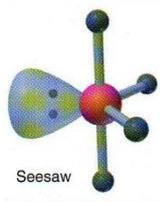
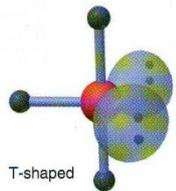
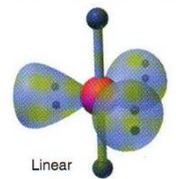
Empat pasangan elektron terikat yang berada di sekitar atom pusat akan tolak menolak sehingga terbentuk struktur ruang elektron tetrahedral dengan sudut-sudut ikatan yang sama yaitu $109,5^\circ$. Jika ada PEB diantara pasangan elektron tersebut maka sudut-sudut ikatan yang dibentuk oleh PEB akan lebih kecil dari $109,5^\circ$.



d. Bentuk Molekul dengan lima Pasangan Elektron di sekitar Atom Pusat

Bentuk molekul atau ion dengan lima pasangan elektron di sekitar atom pusat tertera pada tabel berikut.

Tabel 1.4 Bentuk molekul dengan lima pasangan elektron

Rumus Molekul	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
PCl ₅ AsF ₅	AX ₅		Molekul yang mengandung lima pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat membentuk molekul <i>bipiramidal trigonal</i> . Sudut antara dua ikatan ekuatorial adalah 120°, sudut antara ikatan aksial dan ikatan ekuatorial adalah 90°
SF ₄ XeO ₂ F ₂	AX ₄ E	 Seesaw	Molekul yang mengandung lima pasang elektron dengan 4 PEI dan 1 PEB memiliki bentuk molekul <i>Seesaw atau jungkat-jungkit</i>
ClF ₃ BrF ₃	AX ₃ E ₂	 T-shaped	Molekul yang mengandung lima pasang elektron dengan 3 PEI dan 2 PEB memiliki bentuk molekul <i>T-Shape atau bentuk T</i>
XeF ₂	AX ₂ E ₃	 Linear	Molekul yang mengandung lima pasang elektron dengan 3 PEI dan 2 PEB memiliki bentuk molekul <i>Linier</i>

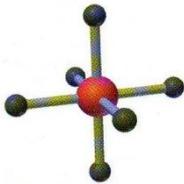
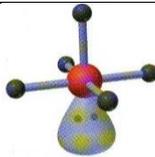
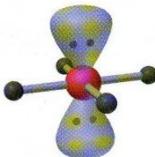
Lima pasangan elektron yang berada di sekitar atom pusat akan tolak menolak sehingga terbentuk struktur ruang elektron bipiramidal trigonal



e. Bentuk Molekul dengan Enam Pasangan Elektron di sekitar Atom Pusat

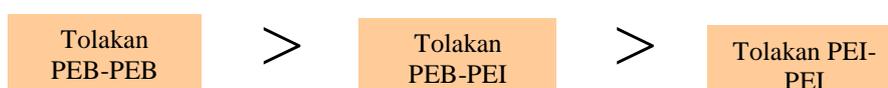
Enam pasangan elektron di sekitar atom pusat akan membentuk struktur ruang elektron oktahedral. Contoh molekul tertera pada tabel berikut.

Tabel 1.5 Bentuk molekul dengan enam pasangan elektron

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
SF_6	AX_6		Molekul yang mengandung enam pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat membentuk molekul <i>oktahedral</i> . Semua sudut ikatan adalah 90^0
BrF_5 $XeOF_4$	AX_5E		Molekul yang mengandung enam pasang elektron dengan 5 PEI dan 1 PEB memiliki bentuk molekul <i>piramida segiempat</i>
XeF_4	AX_4E_2		Molekul yang mengandung enam pasang elektron dengan 4 PEI dan 2 PEB memiliki bentuk molekul <i>segiempat planar</i>

Enam pasangan elektron yang berada di sekitar atom pusat akan tolak menolak sehingga terbentuk struktur ruang elektron oktahedral

Dari bentuk-bentuk molekul yang ada pada contoh-contoh ternyata bentuk molekul sangat dipengaruhi oleh jumlah pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat baik PEI atau PEB. Bentuk molekul akan lebih rumit jika atom pusatnya memiliki pasangan elektron bebas dan pasangan elektron ikatan. Dalam molekul tersebut terdapat tiga jenis gaya tolak antara pasangan elektron ikatan, antara pasangan elektron bebas, dan antara pasangan elektron ikatan dengan pasangan elektron bebas. Secara umum, menurut model VSEPR, gaya tolak menurun menurut urutan berikut :



Gambar 1.4 Bagan gaya tolak menurun menurut model VSEPR



Elektron-elektron dalam suatu ikatan ditahan oleh gaya tarik inti kedua atom yang berikatan. Elektron-elektron ini mempunyai “distribusi ruang” yang lebih kecil dibandingkan pasangan elektron bebas. Pasangan elektron ikatan mengalami tolakan yang lebih kuat dari pasangan elektron bebas tetangganya dan dari pasangan elektron ikatan. Bagaimana cara meramalkan bentuk molekul menggunakan teori VSEPR ?

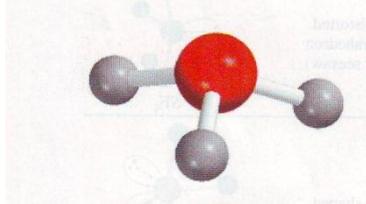
Untuk meramalkan bentuk molekul menggunakan teori VSEPR, ada beberapa langkah yang dapat dilakukan.

- Tulis struktur Lewis molekul tersebut, perhatikan yang ditulis hanya pasangan elektron yang ada di sekitar atom pusat
- Hitung jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat (pasangan elektron ikatan dan pasangan elektron bebas). Perlakukan ikatan rangkap dan ikatan rangkap tiga seolah-olah seperti ikatan tunggal.
- Gunakan Tabel 1.1 sampai dengan 1.5 untuk meramalkan bentuk molekulnya.
- Dalam meramalkan sudut ikatan, perhatikan bahwa pasangan elektron bebas saling tolak-menolak lebih kuat dengan pasangan elektron bebas yang lain atau dengan pasangan elektron ikatan dibandingkan tolak-menolak antara pasangan elektron ikatan lainnya. Contoh meramalkan bentuk molekul dari beberapa molekul.



Molekul AsH₃

- Jumlah pasangan elektron di sekeliling As = 4 pasang (3 PEI dan 1 PEB)
- Klasifikasi VSEPR = AX₃E
- Bentuk molekul AsH₃ adalah segitiga piramida

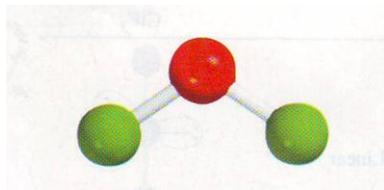


Gambar. 1.5 Molekul AsH₃

- Sudut H-As-H tidak dapat diramalkan secara tepat, tetapi lebih kecil dari 109,5^o karena tolakan antara pasangan elektron ikatan dengan pasangan elektron bebas pada As lebih besar daripada tolakan antara pasangan elektron ikatan.

Molekul OF₂

- Jumlah pasangan electron di sekeliling O = 4 pasang (2PEI dan 2 PEB)
- Klasifikasi VSEPR = AX₂E₂
- Bentuk molekul OF₂ adalah menekuk



Gambar. 1.6 Molekul OF₂

- Sudut F-O-F lebih kecil daripada 109,5^o karena gaya tolak-menolak yang lebih kuat antara pasangan elektron bebas dan pasangan elektron ikatan.



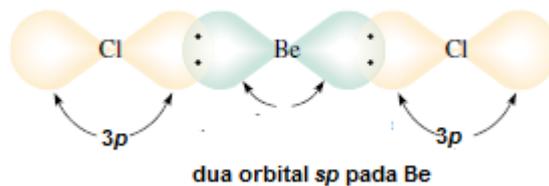
atom Cl yang lain akan berpasangan dengan elektron $2p$. Dua ikatan BeCl tersebut tidak setara dan ini bertentangan dengan bukti percobaan. Dalam molekul BeCl_2 yang sebenarnya, kedua ikatan BeCl setara. Jadi orbital $2s$ dan $2p$ harus berhibridisasi dahulu, untuk membentuk dua orbital hibrida sp yang setara.

Diagram orbital Be terhibridisasi



orbital sp orbital $2p$ kosong

Kedua orbital hibrida ini terletak pada garis yang sama, sehingga sudut diantaranya adalah 180° . Maka setiap ikatan BeCl terbentuk akibat tumpang-tindih dari satu orbital hibrida sp dari Be dengan satu orbital $3p$ dari Cl, dan menghasilkan molekul BeCl_2 yang memiliki geometri linier



Gambar 1.8. Bentuk orbital pada BeCl_2

Hibridisasi sp^2

Diagram orbital B adalah

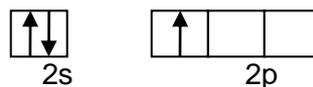
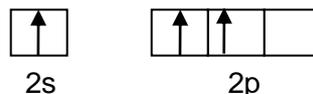
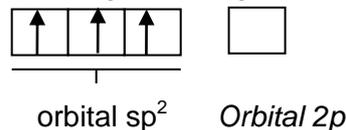


Diagram orbital B tereksitasi



Pencampuran orbital $2s$ dan dua orbital $2p$ menghasilkan tiga orbital hibrida sp^2

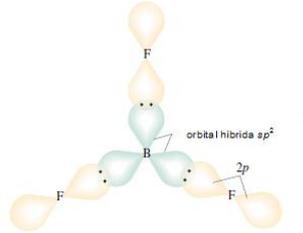


orbital sp^2 Orbital $2p$

ketiga orbital sp^2 ini terletak pada bidang yang sama, dan membentuk sudut 120° antara satu dengan lainnya. Setiap ikatan BF terbentuk dari tumpang-tindih orbital hibrida sp^2 boron dan orbital $2p$ fluorin. Molekul BF_3 berbentuk datar



dengan semua sudut FBF sama dengan 120° . Hal ini sesuai dengan hasil percobaan juga ramalan teori VSEPR



Gambar 1.9 Bentuk orbital pada BF_3

Hibridisasi sp^3

Molekul CH_4 memiliki bentuk molekul tetrahedral berdasarkan teori VSEPR.

Diagram orbital C adalah

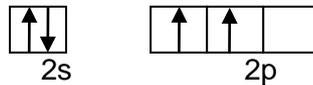
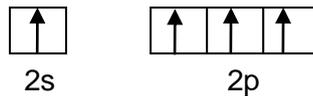
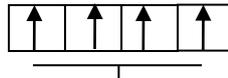


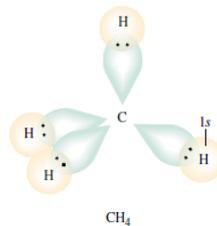
Diagram orbital C tereksitasi



Pencampuran orbital 2s dan tiga orbital 2p menghasilkan empat orbital hibrida sp^3



Gambar Orbital sp^3 pada CH_4 adalah sebagai berikut.



Gambar 1.10 Bentuk orbital sp^3

Hibridisasi sp^3d

Molekul PCl_5 memiliki bentuk molekul bipiramida trigonal berdasarkan teori VSEPR.

Diagram orbital P adalah

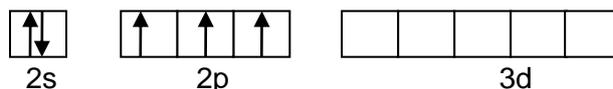


Diagram orbital P



tereksitasi

:

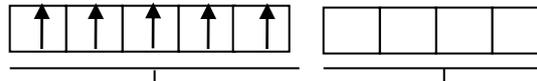
2s

2p

3d



Pencampuran orbital 2s dan tiga orbital 2p dan 1 orbital 3d menghasilkan lima orbital hibrida sp^3d



Orbital sp^3d orbital 3d kosong

Lima elektron yang tidak berpasangan pada orbital sp^3d akan berpasangan dengan elektron dari atom Cl. Bentuk orbital PCl_5 adalah bipiramidal trigonal

Hibridisasi sp^3d^2

Molekul SF_6 memiliki bentuk molekul oktahedral berdasarkan teori VSEPR.

Diagram orbital S adalah

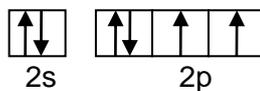
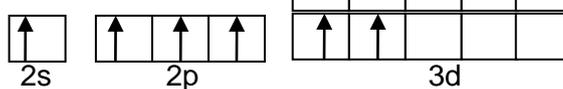
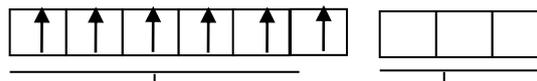


Diagram orbital P

terhibridisasi tereksitasi



Pencampuran orbital 2s dan tiga orbital 2p dan 2 orbital 3d menghasilkan lima orbital hibrida sp^3d^2



Orbital sp^3d^2 orbital 3d kosong

Enam elektron yang tidak berpasangan pada orbital sp^3d^2 akan berpasangan dengan elektron dari atom F. Bentuk orbital SF_6 adalah oktahedral

b. Hibridisasi pada atom pusat yang memiliki pasangan elektron bebas.

Atom O memiliki satu orbital s dan 2p. Penyusunan Orbital hibridanya adalah:

Diagram orbital kulit terluar O adalah

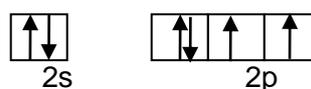
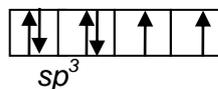


Diagram orbital O terhibridisasi



Pada O terdapat dua pasangan elektron bebas dan dua elektron yang belum berpasangan akan berikatan dengan hidrogen.

Konfigurasi elektron pada molekul H_2O adalah :





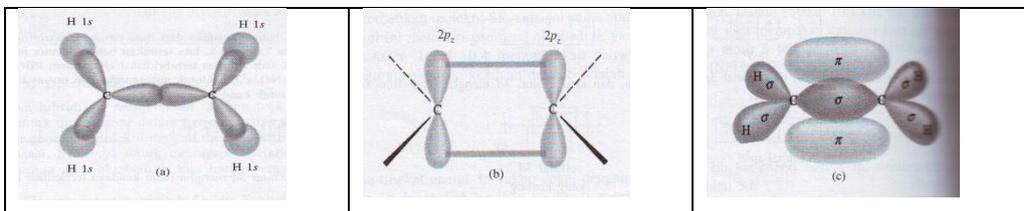
c. Hibridisasi dalam molekul yang mengandung Ikatan Rangkap Dua dan Ikatan Rangkap Tiga

Konsep hibridisasi dapat pula diterapkan pada molekul dengan ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga.

Molekul etena, C_2H_4

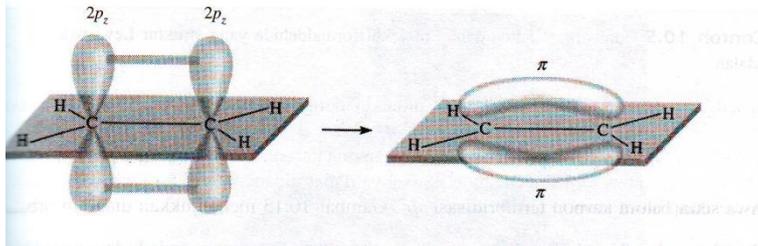
C_2H_4 mengandung ikatan rangkap diantara karbon-karbon dan memiliki geometri datar. Setiap atom karbon terhibridisasi sp^2 . Pada molekul ini hanya orbital $2p_x$ dan $2p_y$ yang bergabung dengan orbital $2s$, dan orbital $2p_z$ tetap tidak berubah. Orbital $2p_z$ tegak lurus terhadap bidang orbital hibrida. Sekarang bagaimana kita menjelaskan ikatan pada atom C? Setiap atom karbon menggunakan tiga orbital hibrida sp^2 untuk membentuk dua ikatan dengan dua orbital $1s$ dari hidrogen dan satu ikatan dengan orbital hibrida sp^2 atom C disebelahnya. Sebagai tambahan, dua orbital $2p_z$ dari dua atom C yang tidak terhibridisasi membentuk ikatan lain dengan saling tumpang-tindih secara menyamping

Ikatan kovalen dalam C_2H_4 ter dir dari ikatan sigma dan ikatan pi. Ikatan yang dibentuk oleh atom C-C dan C-H. Ketiga ikatan yang dibentuk adalah **ikatan sigma** yaitu ikatan kovalen yang terbentuk akibat tumpang-tindih orbital-orbital ujung-ke-ujung, dengan kerapatan electron yang terkonsentrasi diantara inti atom yang berikatan. Jenis ikatan C-C yang kedua disebut **ikatan pi (π)**, yaitu ikatan kovalen yang terbentuk akibat tumpang-tindih orbital-orbital secara menyamping dengan kerapatan electron yang terkonsentrasi di atas dan di bawah bidang molekul. Orbital-orbital yang membentuk ikatan pada etena tertera pada gambar 1.10



Gambar 1.11 Ikatan sigma dan pi pada etena

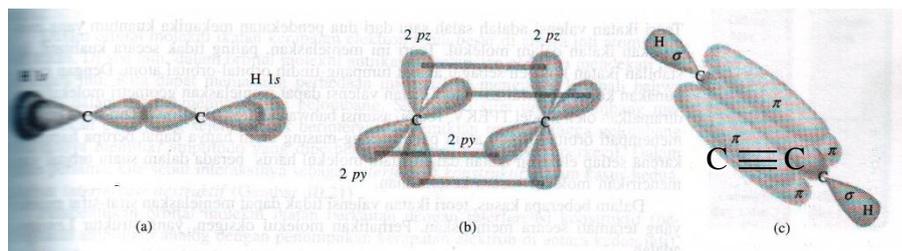
Gambar lain dari orbital pada etena adalah sebagai berikut



Gambar 1.12 ikatan pada etena

Molekul asetilena, C_2H_2

Molekul asetilena mengandung ikatan rangkap tiga diantara karbon-karbon, karenanya molekul tersebut linier, kita dapat menjelaskan geometrinya dan ikatannya dengan mengasumsikan bahwa setiap atom C terhibridisasi sp dengan mencampurkan orbital $2s$ dengan orbital $2px$. Seperti ditunjukkan pada gambar



Gambar 1.13 ikatan pada etuna

kedua orbital hibrida sp pada setiap atom membentuk satu ikatan sigma dengan orbital $1s$ hydrogen dan ikatan sigma lain dengan atom C lainnya. Dua ikatan pi terbentuk akibat tumpang-tindih secara menyamping orbital $2py$ dan $2pz$ yang tidak terhibridisasi. Jadi, ikatan tersusun atas satu ikatan sigma dan dua ikatan pi.

Aturan hibridisasi dalam molekul yang mengandung ikatan rangkap;

- jika atom pusat membentuk satu ikatan rangkap dua, molekul itu terhibridisasi sp^2
- jika atom pusat tersebut membentuk dua ikatan rangkap dua atau satu ikatan rangkap tiga, molekul itu terhibridisasi sp .

Perhatikan bahwa aturan ini berlaku hanya pada atom-atom unsur perioda kedua. Atom-atom unsur perioda ketiga dan seterusnya yang membentuk ikatan rangkap dua atau ikatan rangkap tiga lebih rumit dan tidak akan dibahas disini.

Hibridisasi pada molekul dengan jumlah pasangan elektron berbeda tertera pada tabel 1.6



Tabel 1. 6 Macam-macam Hibridisasi

Molekul	Pasangan elektron	Bentuk molekul tanpa pasangan elektron bebas	Hibridisasi atom pusat
BeH ₂	2	linier	sp
BF ₃	3	trigonal planar	sp ²
CH ₄	4	tetrahedral	sp ³
NH ₃	4	trigonal piramidal	sp ³
H ₂ S	4	bent	sp ³
PF ₅	5	bipiramidal trigonal	sp ³ d
BrF ₃	5	bentuk -T	sp ³ d
TeCl ₄	5	Seesaw	sp ³ d
XeF ₂	5	linier	sp ³ d
SF ₆	6	oktahedral	sp ³ d ²
XeF ₄	6	segiempat planar	sp ³ d ²

3. Hubungan Bentuk Molekul dan Kepolaran Senyawa

Molekul-molekul yang memiliki ikatan kovalen ada yang bersifat polar, Ukuran kuantitatif kepolaran ikatan adalah **momen dipol** (μ), yang merupakan *hasil kali muatan Q dan jarak antar muatan r* :

$$\mu = Q \times r$$

Momen dipol biasanya dinyatakan dalam satuan debye (D), yang diambil dari nama seorang kimiawan Belanda-Amerika Peter Debye. Faktor konversinya adalah $1 \text{ D} = 3,336 \times 10^{-30} \text{ C m}$, C adalah Coulomb, m = meter

Molekul diatomik yang mengandung atom-atom unsur *yang berbeda* (misalnya, HCl, CO, dan NO) *memiliki momen dipol* sehingga membentuk **molekul polar** . Molekul diatomik yang mengandung atom-atom unsur *yang sama* (contohnya, H₂, O₂, dan F₂) membentuk **molekul nonpolar** karena molekul-molekul itu *tidak memiliki momen dipol*.

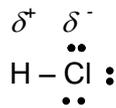
Molekul yang tersusun atas tiga atau lebih atom, ada tidaknya momen dipol ditentukan oleh kepolaran ikatan dan bentuk molekul.

Molekul Asam Klorida (HCl)

Pada molekul HCl terjadi pergeseran kerapatan elektron dari H ke Cl karena atom Cl lebih elektronegatif daripada atom H



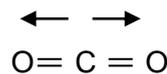
Pergeseran kerapatan elektron dilambangkan dengan menempatkan panah tanda (\rightarrow) yang menunjukkan momen dipol di atas struktur Lewis untuk menunjukkan arah pergeseran.



δ (delta) melambangkan muatan parsial. Pemisahan muatan ini dapat dibuktikan dengan medan listrik ketika muatan listrik didekatkan, molekul HCl mengarahkan ujung negatifnya ke arah lempeng positif dan ujung positifnya ke arah lempeng negatif.

Karbon dioksida (CO₂)

Pada molekul CO₂ terdapat ikatan polar, tetapi CO₂ tidak memiliki momen dipol. Untuk menjelaskannya perhatikan gambar dan uraian berikut.



Panah di atas menunjukkan arah momen dipol ikatan C \ominus dari atom karbon yang kurang elektronegatif ke atom oksigen yang lebih elektronegatif. Pada molekul CO₂ terdapat dua momen dipol, yaitu momen dipol dalam masing-masing ikatan polar C = O. Momen ikatan adalah suatu *besaran vektor*, yang berarti bahwa besaran itu memiliki nilai dan arah. Momen dipol yang terukur sama dengan jumlah vektor momen-momen ikatan. Kedua momen dipol dari ikatan antara C dan O dalam CO₂ besarnya sama. Karena arahnya berlawanan dalam molekul CO₂ yang linear, jumlah momen dipolnya sama dengan nol. Sehingga CO₂ bersifat non polar.

Molekul Air (H₂O)

Molekul air terdiri dari satu atom O dan dua atom H dengan keelektronegatifan

O= 3,5 dan H= 2,1

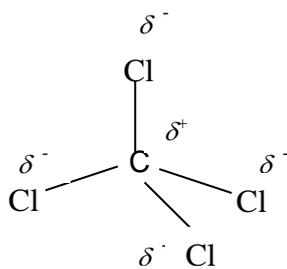
Struktur Lewis H₂O

	<p>Pada molekul air terdapat dua ikatan kovalen dan dua pasang elektron bebas. Molekul air bentuknya menekuk atau membentuk sudut. Perbedaan keelektronegatifan O dan H menyebabkan elektron lebih tertarik ke oksigen, sehingga atom O cenderung bermuatan negatif, H bermuatan positif.</p>
--	---



Akibatnya ikatan O-H bersifat polar dengan arah momen dipol seperti pada gambar. Karena momen dipol ini saling meniadakan maka molekul H₂O bersifat polar.

Molekul karbon tetraklorida (CCl₄)



Pada molekul CCl₄ keelektronegatifan Cl lebih besar dari pada C maka Cl cenderung bermuatan negatif dan C bermuatan positif. Ikatan C-Cl pada CCl₄ adalah ikatan polar. Bentuk molekul CCl₄ adalah tetrahedral, arah kutub positif ke kutub negatif pada molekul ini saling berlawanan maka dipol yang terjadi saling meniadakan, akibatnya CCl₄ bersifat nonpolar.

Tabel 1.7 Momen Dipol beberapa Molekul Polar

Molekul	Bentuk	Momen Dipol (D)	Molekul	Geometri	Momen Dipol
HF	Linier	1,92	H ₂ O	Bentuk V	1,87
HCl	Linier	1,08	H ₂ S	Bentuk V	1,10
HBr	Linier	0,78	NH ₃	Piramida segitiga	1,46
HI	Linier	0,38	SO ₂	Bentuk V	1,60

Dari contoh-contoh bentuk molekul dapat disimpulkan ternyata molekul yang simetris atau molekul yang hanya memiliki PEI saja bersifat non-polar, sedangkan molekul yang mengandung PEB bersifat polar.

4. Gaya Antar Molekul

Gaya yang terjadi antar atom bermacam-macam sehingga terbentuk ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam. Di antara molekul-molekul pun dapat mengalami gaya tarik-menarik walaupun sangat lemah. Gaya-gaya ini disebut gaya antarmolekul, contohnya gaya *van der Waals* yang terdiri dari gaya dipol-



dipol dan *gaya dispersi*. Gaya antarmolekul jauh lebih lemah daripada gaya intramolekul. Gaya antarmolekul dapat mempengaruhi sifat fisik molekul-molekul.

a. Gaya van der Waals

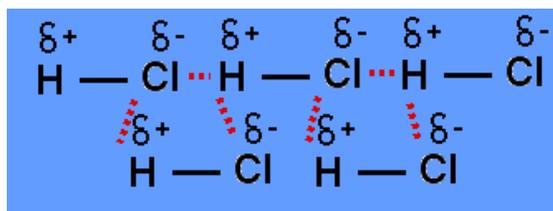
Gaya van der Waals dapat terjadi pada molekul-molekul polar dan molekul-molekul nonpolar. Pada molekul-molekul polar gaya ini disebut *gaya dipol-dipol*, sedangkan pada molekul nonpolar disebut *gaya dispersi (gaya London)*.

1) Gaya Dipol-Dipol

Gaya dipol-dipol merupakan gaya yang bekerja antara molekul-molekul polar, yaitu antara molekul-molekul yang memiliki momen dipol. Asal gaya ini adalah gaya elektrostatik dimana makin besar momen dipolnya makin kuat gayanya. Molekul hidrogen klorida bersifat polar artinya memiliki kutub positif dan kutub negatif. Pada molekul hidrogen klorida terdapat ikatan kovalen dimana atom klor lebih elektronegatif dari pada hidrogen maka pasangan elektron cenderung tertarik oleh Cl sehingga molekul HCl jadi memiliki dipol.

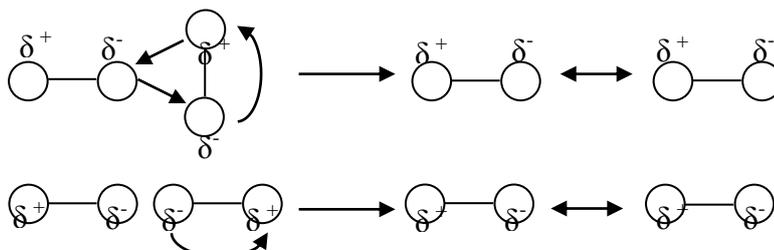
Dua molekul yang masing-masing memiliki dipol akan selalu tarik-menarik dengan posisi bagian (-) berdekatan dengan bagian (+).

Gaya dipol-dipol pada asam klorida HCl dapat digambarkan seperti gambar 1.13



Gambar. 1.14 Gaya dipol-dipol pada HCl

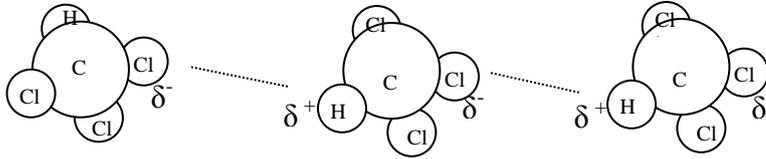
Posisi molekul-molekul polar akan otomatis berubah karena adanya gaya dipol-dipol, contohnya:



Gambar 1.15 Posisi molekul pada gaya dipol-dipol



Contoh gaya dipole-dipol pada triklorometan CHCl_3 digambarkan:



Gambar 1.16 Posisi molekul triklorometan pada gaya dipol-dipol

2) Gaya Dispersi [Gaya London]

Pada molekul nonpolar misalnya pada Cl_2 , Br_2 dan I_2 elektron tersusun dengan merata di antara atom-atom. Pada suatu saat, molekul tersebut bisa memiliki dipol akibat gerakan elektron-elektron yang menyebabkan elektron tersebut berada di dekat salah satu atom. Dipol yang terjadi tidak permanen atau dipol sesaat, tetapi dapat menimbulkan gaya tarik-menarik antar molekul-molekul nonpolar tadi. Gaya ini disebut *gaya dispersi atau gaya London* yang diambil dari nama penemunya Fritz London, ahli fisika Jerman yang menjelaskan dasar mekanika kuantum pada gaya tarik-menarik. Terjadinya gaya London dapat digambarkan sebagai berikut.



- Molekul Cl_2 yang nonpolar
- Dipol sesaat terjadi antar Cl_2 yang berdekatan
- Susunan molekul-molekul Cl_2 yang terjadi karena gaya London

The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 1.17 Gaya London pada molekul nonpolar

Berdasarkan gambar tersebut, gaya dispersi adalah gaya tarik-menarik yang timbul sebagai hasil dipol-dipol yang terinduksi sementara dalam atom atau molekul. Gaya dispersi sangat lemah, tetapi dapat bertahan sehingga antarmolekul dapat mengalami tarik-menarik. Molekul yang lebih besar lebih mudah membentuk momen dipol sesaat karena awan elektronnya lebih mudah berayun. Gaya dispersi berkaitan dengan titik didih senyawa, makin kuat gaya



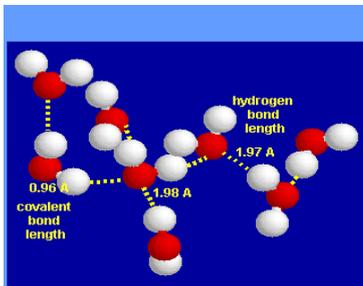
dispersi titik didih senyawa makin tinggi. Titik didih halogen dan gas mulia dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel. 1.8 Titik didih unsur halogen dan gas mulia

Nama Unsur	Titik Didih (°C)	Nama Unsur	Titik Didih (°C)
Fluor	-188	Radon	- 269
Klor	-34,0	Helium	- 246
Brom	-72	Neon	- 186
Iodium	185	Argon	- 152
		Krypton	- 108
		Xenon	- 62

Dari F_2 ke I_2 jumlah elektron makin banyak maka tarik menarik antar molekul-molekulnya makin kuat dan titik didih dari F_2 ke I_2 makin besar. Begitu pula pada gas mulia akibat terjadinya gaya London titik didih dari He ke Xe makin besar.

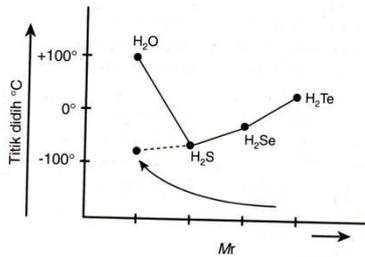
b. Ikatan Hidrogen



Gambar 1.18 Ikatan kovalen dan ikatan hidrogen pada air

Air termasuk senyawa polar, karena memiliki dipol pada setiap molekulnya. Antarmolekul polar dapat terjadi gaya tarik-menarik yang dinamakan ikatan hidrogen. Antarmolekul polar terjadi gaya tarik-menarik yang menyebabkan titik didih senyawa tinggi. Gaya antar molekul air tertera pada gambar 3.5

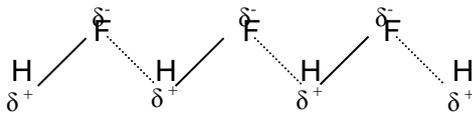
Titik didih air dibandingkan dengan titik didih hidrida golongan VI lainnya tertera pada grafik berikut



Gambar . 1.19 Titik didih hidrida golongan VI A

Pada H_2O , H_2S , H_2Se dan H_2Te terdapat interaksi dipol-dipol yang semakin kuat seiring besarnya ukuran molekul. Ini sesuai dengan peningkatan titik didih. Tetapi titik didih H_2O seharusnya lebih rendah dari molekul lainnya tetapi pada kenyataannya titik didih air lebih tinggi dari hidrida lainnya..

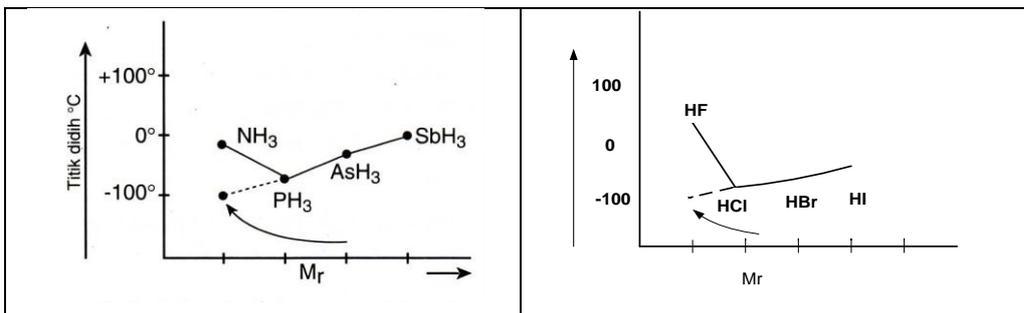
Hal ini disebabkan pada molekul air, terdapat oksigen yang lebih elektronegatif daripada hidrogen. Oksigen yang bersifat cenderung negatif dapat pula menarik hidrogen yang cenderung bermuatan positif dari molekul air yang lain sehingga antar molekul-molekul air terjadi tarik-menarik dan terjadi ikatan hydrogen. Ikatan hydrogen dapat pula terjadi pada senyawa lain misalnya HF.



Gambar 1.20 Ikatan hydrogen antara molekul HF

Pada HF atom F lebih elektronegatif daripada H sehingga HF membentuk molekul polar. Antarmolekul HF terjadi tarik-menarik membentuk ikatan hydrogen yang menyebabkan titik didih HF lebih tinggi dari halida lainnya.

Ikatan hydrogen terjadi pula pada NH_3 . Grafik titik didih hidrida golongan V dan VII tertera pada grafik berikut.



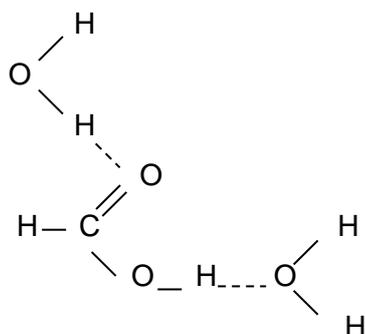
Gambar 1.21 Titik didih senyawa hidrida golongan V dan VII

Dari grafik-grafik tersebut yang menggambarkan titik didih hidrida golongan VA, VIA, dan VIIA terlihat bahwa NH_3 , H_2O , dan HF mempunyai titik didih yang lebih



tinggi dari hibrida yang segolongannya. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen di antara molekul-molekulnya.

Ikatan hidrogen dapat pula terjadi antar senyawa yang berbeda misalnya antara molekul asam format dengan air.



Gambar 1.22 Ikatan hidrogen antara molekul HF

Dapat disimpulkan bahwa ikatan hidrogen adalah jenis ikatan khusus akibat interaksi dipol-dipol yang memiliki atom H yang terikat pada O, F dan N seperti pada H_2O , NH_3 , HF , CH_3OH dsb.

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep Bentuk dan Gaya antar molekul Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen dan non eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan ekaperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah .



Lembar Kerja 1

TEORI VSEPR

Tolakan pasangan elektron menurut teori ini dapat dianalogikan dengan tolakan balon-balon pada satu ikatan.

Langkah percobaan :

1. Tiuplah 20 balon berbentuk bulat atau oval dengan ukuran yang sama.
2. Ikatlah balon-balon dengan ketat sesuai dengan sejumlah pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat, yaitu 2 sampai 6 buah balon.
3. Amati dan gambar bentuk geometri dari setiap ikatan balon.
4. Ukurlah sudut-sudut antara balon dengan balon, gambar posisi pasangan elektron yang dianalogikan oleh balon-balon tersebut.

Lembar Kerja 2

Untuk memahami kepolaran senyawa dapat dicoba kegiatan berikut.

Senyawa Polar dan Non Polar

Untuk menguji kepolaran senyawa dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Siapkan senyawa yang akan diuji seperti aquades, HCl, CCl_4 , dan CHCl_3 , di dalam buret
 2. Alirkan senyawa dari buret dan dekatkan aliran pada batang politena atau plastik yang telah diberi muatan listrik.
 3. Amati, apa yang terjadi pada aliran senyawa-senyawa tersebut?
-

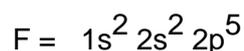
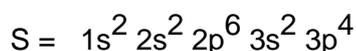


E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Gambarlah struktur ruang elektron dari molekul yang memiliki dua, tiga, empat, lima dan enam pasang electron yang terikat atom pusat ?
2. Tentukan sudut-sudut ikatan pada molekul yang memiliki kalsifikasi VESPR AX_4 , AX_3E , AX_2E_2 dan AX_6 , AX_5E , AX_5E
3. Ramalkan bentuk molekul dengan teori VESPR untuk spesi-spesi berikut: PCl_3 , $CHCl_3$, dan SiH_4 .
4. Ramalkan bentuk molekul ion-ion berikut: NH_4^+ , CO_3^{2-} dan H_3O^+ .
5. Gambarkan hibridisasi fosfor pada PF_5 , xenon pada XeF_4
6. Ramalkan bentuk molekul belerang triklorida dan hibridisasinya pada atom belerang
7. Gambarkan bentuk molekul dan tentukan kepolarannya untuk senyawa-senyawa berikut: SO_3 , NH_3
8. Jelaskan pengertian gaya dipoldipol, gaya dispersi dan ikatan hidrogen!
9. Jelaskan jenis gaya antarmolekul pada molekul-molekul berikut: C_6H_6 , CH_3Cl , CS_2
10. Dietil eter mempunyai titik didih $34,5\text{ }^\circ\text{C}$, dan 1-butanol mempunyai titik didih $117\text{ }^\circ\text{C}$. Kedua senyawa tersebut memiliki jumlah atom yang sama. Jelaskan mengapa terjadi perbedaan pada titik didh senyawa tersebut?

Soal Pilihan Ganda

1. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan tolak-menolak pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat. Bila diketahui konfigurasi unsur S dan F sebagai berikut.

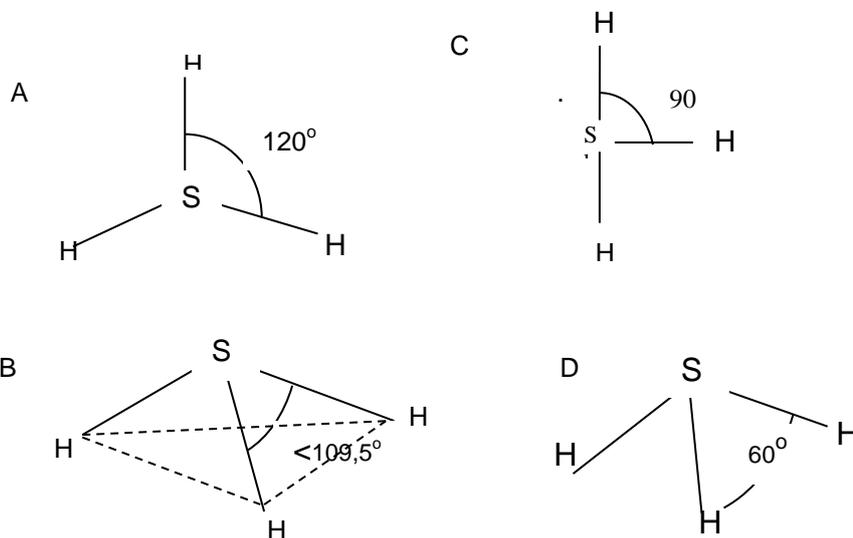


Maka bentuk molekul yang dibentuk dari kedua unsur tersebut adalah

- A. linier
- B. tetrahedral
- C. oktahedral
- D. piramida trigonal



2. Stibine, SbH_3 merupakan molekul polar dari antimon yang terletak pada golongan V pada Tabel Periodik. Tentukan struktur molekul dari Stibine ?



3. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan teori tolak-menolak pasangan elektron kulit valensi yang mengelilingi atom pusat. Bila nomor atom P adalah 15, sedangkan Br adalah 35, maka bentuk molekul PBr_5 adalah
- tetrahedron
 - segitiga sama sisi
 - bipiramida trigonal
 - piramida trigonal
4. Pada XeF_4 terdapat 6 kelompok elektron yang mengelilingi Xe. Enam kelompok elektron tersebut terdiri dari
- 5 PEI dan 1 PEB
 - 4 PEI dan 2 PEB
 - 3 PEI dan 3 PEB
 - 2 PEI dan 4 PEB
5. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan tolak-menolak pasangan elektron kulit valensi yang mengelilingi atom pusat. Jika nomor atom $\text{Xe}= 42$ dan $\text{F}=7$, maka bentuk molekul yang dibentuk dari dari unsur Xe dan F adalah. . . .



- A. tetrahedron
 - B. oktahedral
 - C. segiempat planar
 - D. piramida trigonal
6. Molekul yang memiliki dipol adalah
- A. H_2O
 - B. BCl_3
 - C. CH_4
 - D. CO_2
7. Gaya London dapat terjadi karena adanya tarik-menarik antara
- A. ion positif dan ion negatif pada molekul
 - B. molekul-molekul polar yang berbeda
 - C. dipol-dipol sementara pada molekul nonpolar
 - D. dipol-dipol permanen pada molekul nonpolar
8. HF mempunyai titik didih lebih tinggi daripada HCl sebab
- A. molekul HF lebih besar daripada HCl
 - B. molekul HF polar sedangkan HCl ikatan kovalen
 - C. ikatan pada HF adalah ikatan ion pada HCl ikatan kovalen
 - D. HF cair memiliki ikatan hidrogen HCl tidak



F. Rangkuman

- Teori *Valence Shell Electron Pair Repulsion* (VSEPR) didasarkan pada asumsi bahwa ikatan kimia dan pasangan elektron bebas yang mengelilingi atom pusat cenderung melakukan tolak menolak sejauh mungkin.
- Secara umum, menurut teori VSEPR, gaya tolak menurun sesuai urutan berikut : PEB-PEB > PEB-PEI > PEI-PEI
- Hibridisasi adalah proses dimana orbital atom bergabung membentuk orbital hibrida yang memiliki tingkat energi yang sama
- Gaya dipol-dipol merupakan gaya yang bekerja antara molekul-molekul polar
- Gaya dispersi adalah gaya tarik-menarik yang timbul sebagai hasil dipol-dipol sementara dalam atom atau molekul
- Dapat disimpulkan bahwa ikatan hidrogen adalah jenis ikatan khusus akibat interaksi dipol-dipol yang memiliki atom H yang terikat pada O, F dan N seperti pada H_2O , NH_3 , HF , CH_3OH dsb

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan Pembelajaran ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: REDOKS 3 (ELEKTROLISIS)

Beberapa reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari merupakan reaksi reduksi-oksidasi (reaksi redoks), contohnya reaksi yang terjadi pada aki dan baterai sebagai sumber energi, penyepuhan logam-logam dan perkaratan besi.

Proses penyepuhan logam-logam merupakan proses *elektrolisis*. Untuk terjadinya proses elektrolisis diperlukan energi listrik dari sumbernya. Dengan demikian, pada elektrolisis terjadi perubahan energi dari energi listrik menjadi energi kimia.

Reaksi redoks yang mengakibatkan terjadinya perubahan energi kimia menjadi energi listrik, atau sebaliknya merupakan *proses elektrokimia*.

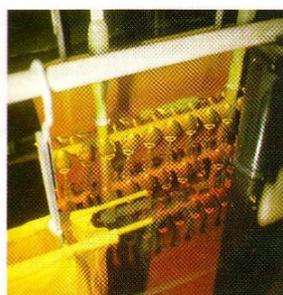
Proses penyepuhan perhiasan dari tembaga oleh emas atau perak. Proses ini dikenal dengan nama *electroplating*/penyepuhan.

Electroplating/penyepuhan adalah pelapisan logam mulia terhadap logam biasa menggunakan sel elektrolisis untuk memperindah penampilan dan mencegah korosi. Benda yang akan disepuh dijadikan katoda, dan logam penyepuh sebagai anoda. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan elektrolit dari logam penyepuh. Ketebalan lapisan logam sekitar 0,03 – 0,05 mm.

Sebuah sel untuk elektroplating perak ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Source: www.diytrade.com



Source: Brown, Chemistry The Central Science 11E, 2009

Gambar 2.1. Penyepuhan sendok dengan perak



Materi sel elektrolisis bagian dari elektrokimia yang merupakan materi kimia SMA/MA, di dalam kurikulum termasuk bahan kajian **Kelas XII Semester 1** dengan Kompetensi inti "Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah", Kompetensi dasar yang harus dicapai siswa adalah 3.3 Mengevaluasi gejala atau proses yang terjadi dalam contoh sel elektrokimia (sel volta dan sel elektrolisis) yang digunakan dalam kehidupan. 4.3 Menciptakan ide/gagasan/produk sel elektrokimia., 4.4. Mengajukan ide/gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi, 4.5 Memecahkan masalah terkait dengan perhitungan sel elektrokimia.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan peserta dapat memahami reaksi redoks dalam proses sel elektrolisis.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menjelaskan konsep sel elektrolisis.
2. Mengidentifikasi karakteristik jenis-jenis sel elektrolisis.
3. Menjelaskan reaksi redoks pada sel elektrolisis.
4. Menerapkan konsep sel elektrolisis dalam kehidupan.
5. Menentukan gejala yang terjadi pada elektrolisis suatu larutan garam.

C. Uraian Materi

1. Prinsip Elektrolisis

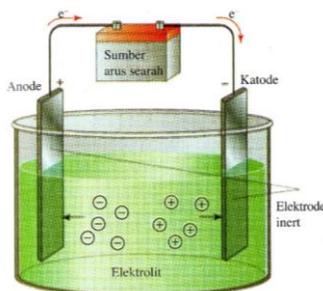
Sel elektrolisis merupakan kebalikan dari sel volta, yakni menerapkan arus listrik searah untuk mendorong agar terjadi reaksi elektrokimia di dalam sel elektrolisis tersebut.



Elektrolisis artinya penguraian suatu zat akibat arus listrik. Zat yang terurai dapat berupa padatan, cairan, atau larutan. Arus listrik yang digunakan adalah arus searah. Dalam peristiwa ini, terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Dalam sel elektrolisis, terdapat bagian-bagian yang disebut *elektroda* dan *elektrolit*.

Tempat berlangsungnya reaksi reduksi dan oksidasi dalam sel elektrolisis sama seperti pada sel volta, yaitu anoda (reaksi oksidasi) dan katoda (reaksi reduksi). Perbedaan sel elektrolisis dan sel volta terletak pada kutub elektroda. Pada sel volta, anoda (-) dan katoda (+), sedangkan pada sel elektrolisis sebaliknya, anoda (+) dan katoda (-).

Jika elektroda-elektroda tersebut dihubungkan dengan arus listrik searah maka ion-ion positif (kation) yang terdapat dalam elektrolit akan tertarik ke elektroda yang bermuatan negatif (katoda). Sedangkan, ion-ion negatif (anion) akan tertarik ke elektroda positif (anoda) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Aliran ion-ion pada sel elektrolisis. Dalam elektrolisis ini, harus digunakan arus listrik searah sehingga elektron bergerak satu arah.

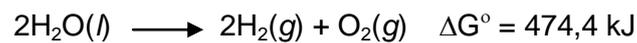
(Sumber: Sentot B. Raharjo, 2008, *Kimia Berbasis Eksperimen 3*)

Pada sel elektrolisis anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber energi listrik, sedangkan katoda dihubungkan dengan kutub negatif. Oleh karena itu pada sel elektrolisis di anoda akan terjadi reaksi oksidasi dan di katoda akan terjadi reaksi reduksi.

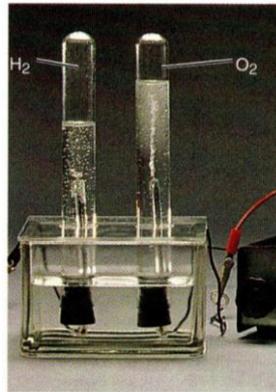


2. Elektrolisis Air

Air dalam gelas kimia pada kondisi atmosfer (1 atm dan 25°C) tidak akan terurai secara spontan membentuk gas hidrogen dan oksigen sebab perubahan energi-bebas standar untuk reaksi ini positif dan besar :



Namun demikian, reaksi ini dapat dibuat dan terjadi di dalam suatu sel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sel elektrolitik ini terdiri dari sepasang elektroda yang terbuat dari logam nonreaktif, seperti platina, yang direndam dalam air.

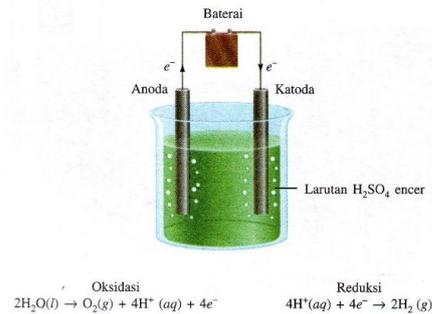


Gambar 2.3. Alat untuk elektrolisis air skala kecil. Volume gas hidrogen yang dihasilkan (kolom kiri) dua kali lebih banyak dibandingkan gas oksigen (kolom kanan)

(Sumber: Chang, General Chemistry The Essential Concepts, 2008)

Ketika elektroda-elektrodanya dihubungkan ke baterai, tidak terjadi sesuatu karena tidak cukup ion dalam air murni membawa arus listrik. (ingat bahwa pada 25°C, air murni hanya memiliki $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ ion H^+ dan $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ ion OH^- .)

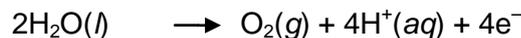
Sebaliknya, reaksi terjadi dengan mudah dalam larutan H_2SO_4 0,1 M sebab terdapat cukup ion untuk menghantarkan listrik tampak pada Gambar 2.4.



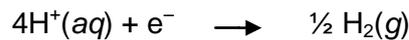
Gambar 2.4. Alat untuk elektrolisis air skala kecil. Volume gas hidrogen yang dihasilkan (kolom kiri) dua kali lebih banyak dibandingkan gas oksigen (kolom kanan)

(Sumber: Chang, General Chemistry The Essential Concepts, 2008)

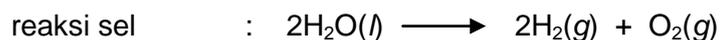
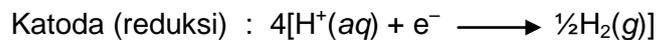
Dengan segera gas mulai keluar pada kedua elektroda. Proses pada anoda :



Sementara pada katoda terjadi



Reaksi keseluruhan diberikan oleh



Perhatikan bahwa secara total tidak ada H₂SO₄ yang terlibat dalam reaksi ini.

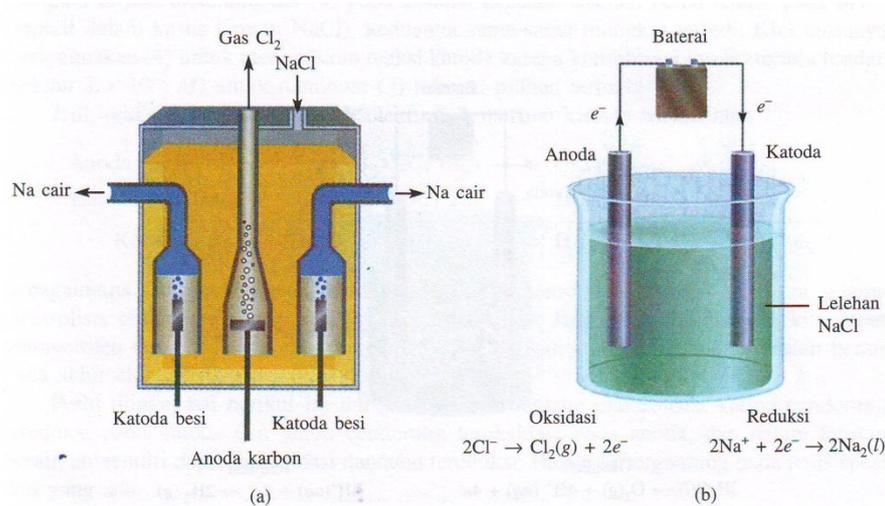
Berdasarkan persamaan reaksi redoks dapat diramalkan bahwa perbandingan volume gas H₂ terhadap O₂ adalah 2 : 1. Jika volume gas H₂ 20 mL, volume gas O₂ adalah 10 mL.

Ada dua tipe elektrolisis, yaitu **elektrolisis lelehan (leburan)** dan **elektrolisis larutan**. Pada **elektrolisis lelehan**, *kation pasti tereduksi di katoda dan anion pasti teroksidasi di anoda*. Sebagai contoh, berikut ini adalah reaksi elektrolisis lelehan garam NaCl (yang dikenal dengan istilah **sel Downs**).



3. Elektrolisis Lelehan Natrium Klorida

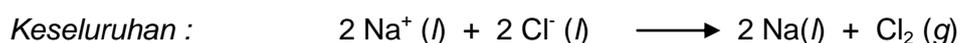
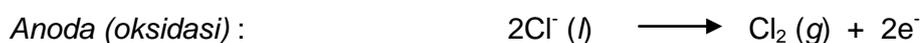
Dalam keadaan meleleh, natrium klorida, suatu senyawa ionik, dapat dielektrolisis agar membentuk logam natrium dan klor.



Gambar 2.5. (a) Sel Downs untuk elektrolisis lelehan NaCl; (b) Diagram sederhana yang menunjukkan reaksi selama elektrolisis lelehan NaCl.

(Sumber : Chang Raymond , 2003, *General Chemistry: The Essential Concepts*, Fifth Edition, Boston : Mc Graw Hill. Terjemahan : Suminar Setiati Achmadi, ph.D., 2003. Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti)

Gambar 2.5 (a) ialah diagram *sel Downs*, yang digunakan untuk elektrolisis NaCl dalam skala besar. Dalam lelehan NaCl, kation dan anionnya masing-masing adalah ion Na^+ dan Cl^- . Gambar 5 (b) adalah diagram sederhana yang menunjukkan reaksi yang terjadi pada elektroda. Reaksi yang terjadi adalah



Proses ini merupakan sumber utama logam natrium murni dan gas klorin.

Reaksi elektrolisis lelehan garam NaCl menghasilkan endapan logam natrium di katoda dan gelembung gas Cl_2 di anoda.

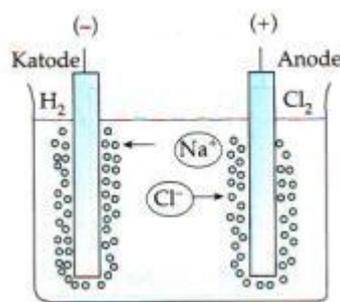


Bagaimana halnya jika lelehan garam NaCl diganti dengan larutan garam NaCl? Apakah proses yang terjadi masih sama?

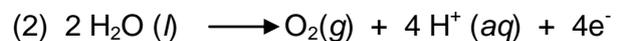
4. Elektrolisis Larutan Natrium Klorida

Untuk mempelajari reaksi elektrolisis larutan garam NaCl, kita mengingat kembali deret Volta : Li-K-Ba-Sr-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Sb-Bi-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Perhatikan Gambar 2.6



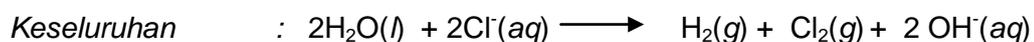
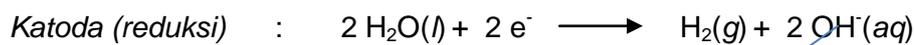
Reaksi oksidasi yang mungkin terjadi pada anoda ialah



Gambar 2.6 Elektrolisis larutan NaCl

(Sumber : J.M.C. Johari, M. Rachmawati., 2004. Kimia SMA untuk Kelas XII.)

Pada katoda, terjadi persaingan antara air dengan ion Na^+ untuk mengalami reduksi. Berdasarkan Tabel Potensial Standar Reduksi, air memiliki E°_{red} yang lebih besar dibandingkan ion Na^+ . Ini berarti, air lebih mudah tereduksi dibandingkan ion Na^+ . Oleh sebab itu, spesi yang bereaksi di katoda adalah air. Sementara, berdasarkan Tabel Potensial Standar Reduksi, nilai E°_{red} ion Cl^- dan air hampir sama. Oleh karena oksidasi air memerlukan potensial tambahan (*overvoltage*), maka oksidasi ion Cl^- lebih mudah dibandingkan oksidasi air. Oleh sebab itu, spesi yang bereaksi di anoda adalah ion Cl^- . Dengan demikian, reaksi yang terjadi pada elektrolisis larutan garam NaCl adalah sebagai berikut :





Reaksi elektrolisis larutan garam NaCl menghasilkan gelembung gas H₂ dan ion OH⁻ (basa) di katoda serta gelembung gas Cl₂ di anoda. Terbentuknya ion OH⁻ pada katoda dapat dibuktikan dengan perubahan warna larutan dari bening menjadi merah muda setelah diberi sejumlah indikator fenolftalein (pp). Dengan demikian, terlihat bahwa produk elektrolisis lelehan umumnya berbeda dengan produk elektrolisis larutan.

Contoh 1 :

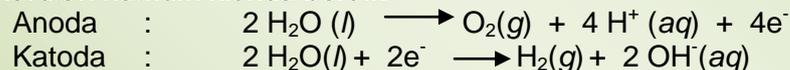
Larutan Na₂SO₄ dalam air dielektrolisis dengan alat pada Gambar 2.6. Jika produk yang terbentuk pada anoda dan katoda masing-masing adalah gas oksigen dan hidrogen, jelaskan elektrolisis ini ditinjau dari elektroda-elektrodanya.

Penjelasan dan Penyelesaian

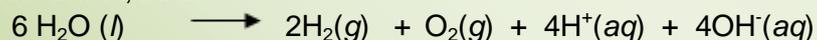
Sebelum kita melihat reaksi di elektroda, kita perlu mempertimbangkan fakta berikut :

- (1) karena Na₂SO₄ tidak terhidrolisis dalam air, pH larutan mendekati 7.
- (2) Ion Na⁺ tidak tereduksi pada katoda, dan ion SO₄²⁻ tidak teroksidasi pada anoda.

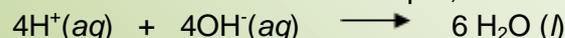
Kesimpulan ini diambil dari elektrolisis air dengan kehadiran asam sulfat dan dalam larutan natrium klorida berair.



Reaksi keseluruhannya, yang diperoleh dengan mengalikan koefisien-koefisien reaksi katoda dengan dua dan kemudian menambahkan hasilnya pada reaksi anoda, ialah



Jika ion H⁺ dan OH⁻ dibiarkan bercampur, maka



Dan reaksi keseluruhannya menjadi



Latihan

Larutan Mg(NO₃)₂ dalam air dielektrolisis dengan elektroda karbon. Apa produk gas anoda dan katoda?

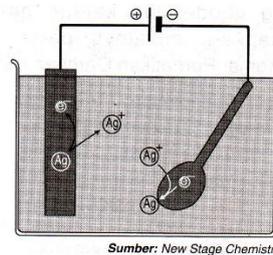


5. Kegunaan Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis banyak digunakan dalam bidang industri, di antaranya proses penyepuhan atau pelapisan Logam (Elektroplating), proses pemurnian logam, dan produksi logam.

a. Proses Penyepuhan Logam

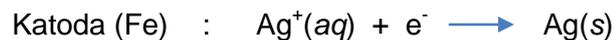
Penyepuhan dimaksudkan untuk melindungi logam terhadap korosi atau untuk memperbaiki penampilan. Proses penyepuhan adalah pelapisan permukaan suatu logam dengan logam lain. Contohnya penyepuhan sendok yang terbuat dari besi oleh perak. Perhatikan Gambar 2.7.



Sumber: New Stage Chemistry

Gambar 2.7. Penyepuhan sendok besi dengan perak.

Pada proses elektrolisis ini, sendok sebagai katoda dan perak murni sebagai anoda. Larutan elektrolitnya adalah larutan perak nitrat. Reaksi yang terjadi:



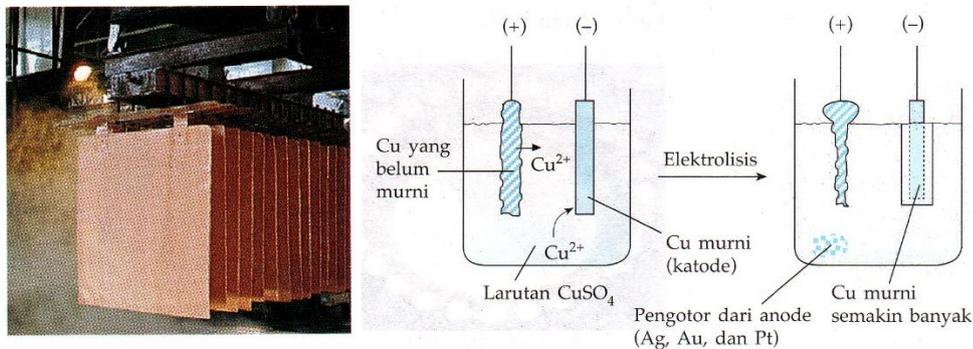
Pada penyepuhan, logam yang akan disepuh dijadikan katoda sedangkan logam pelapis sebagai anoda. Elektroda itu dicelupkan dalam larutan garam dari logam penyepuh.

b. Pemurnian Logam (tembaga)

Electrorefining logam melibatkan pengendapan logam murni di katoda, dari larutan yang mengandung ion logam. Tembaga yang diproduksi dari peleburan bijih memiliki kemurnian yang cukup untuk beberapa penggunaan, seperti pipa, tetapi tidak cukup murni untuk penggunaan kawat listrik. Meskipun bijih tembaga mengandung 99% Cu, namun kandungan zat pengotor yang hanya 1% mampu menurunkan konduktivitas listrik secara berarti. Zat pengotor ini antara lain Ag, Au, Pt, Fe, dan Zn. Oleh karena itu,



Cu harus dimurnikan lebih lanjut sebelum dapat digunakan sebagai kawat listrik. Gambar 2.8 menunjukkan pemurnian tembaga secara elektrolisis.



Gambar 2.8. Pemurnian tembaga (Cu) dengan elektrolisis

Sumber : Silberberg, 2007, *Principles of General Chemistry, Second Edition*

Sumber : J.M.C. Johari, M. Rachmawati., 2004. Kimia SMA untuk Kelas XII.

Sel terdiri dari anoda Cu kotor dan katoda yang dilapisi Cu murni. Larutan elektrolit yang digunakan adalah CuSO_4 . Pada katoda, ion Cu^{2+} dalam larutan akan tereduksi dan mengendap. Sedangkan pada anoda, Cu akan teroksidasi menjadi Cu^{2+} .

Zat pengotor pada anoda, yaitu Fe dan Zn juga teroksidasi dan larut. Namun, tidak seperti Cu^{2+} yang mengendap pada katoda, ion-ion Zn dan Fe tetap berada dalam larutan. Ini disebabkan Zn dan Fe lebih sukar tereduksi dibandingkan Cu. Sementara zat pengotor lainnya, yaitu Ag, Au, dan Pt hanya lepas dari anoda dan mengendap di dasar sel.

Elektrolisis menghasilkan logam Cu dengan kemurnian 99,96% pada katoda, dan diperlukan waktu 28 hari untuk proses ini. Endapan di dasar sel yang terdiri Ag, Au dan Pt mempunyai nilai jual tinggi dan digunakan untuk membiayai proses pemurnian Cu ini.

c. Pemurnian logam

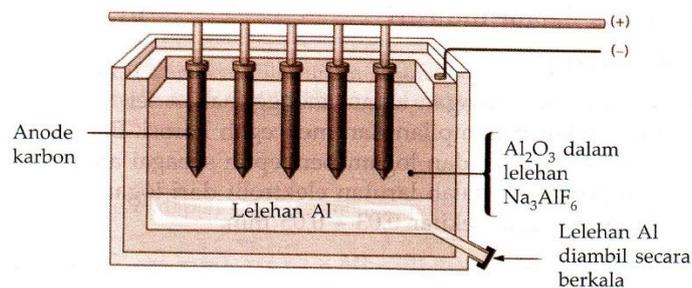
Logam yang mempunyai kerektifan tinggi tidak ditemukan dalam bentuk unsur di alam, tetapi dalam bentuk senyawanya yang bersifat sangat stabil.



Salah satu metoda yang digunakan untuk ekstraksi logam reaktif dari senyawanya adalah dengan proses elektrolisis.

1) Aluminium

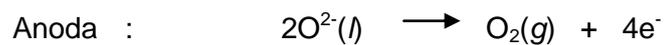
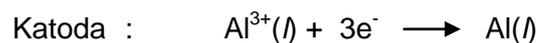
Pengambilan aluminium (Al) dari oksidanya, Al_2O_3 dalam bijih bauksit, merupakan contoh aplikasi elektrolisis pada industri aluminium dewasa ini. Proses elektrolisis yang digunakan adalah **proses Hall-Hérault** (Gambar 9).



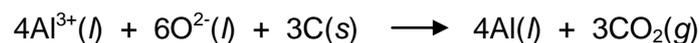
Gambar 2.9. Proses *Hall-Hérault* untuk ekstraksi logam Al.

(Sumber : J.M.C. Johari, M. Rachmawati., 2004. Kimia SMA untuk Kelas XII.)

Sel terdiri dari anoda dan katoda karbon, Al_2O_3 dilarutkan ke dalam lelehan kriolit Na_3AlF_6 di mana Al_2O_3 terdisosiasi menjadi Al^{3+} dan O^{2-} , reaksi elektrolisis yang terjadi:



Reaksi sel seperti seperti tampak pada reaksi sel di atas. Akan tetapi, dalam proses ini anoda karbon akan bereaksi dengan O_2 membentuk CO_2 . Reaksi secara keseluruhan adalah sebagai berikut :



Di katoda, Al^{3+} tereduksi menjadi logam Al cair. Selanjutnya, lelehan Al membentuk lapisan di dasar sel dan diambil secara berkala.

2) Natrium (dari elektrolisis lelehan NaCl)

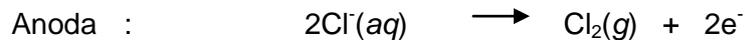
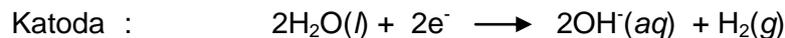
Logam natrium (Na) dapat diperoleh dari proses elektrolisis lelehan NaCl, di jelaskan pada sub point 3.



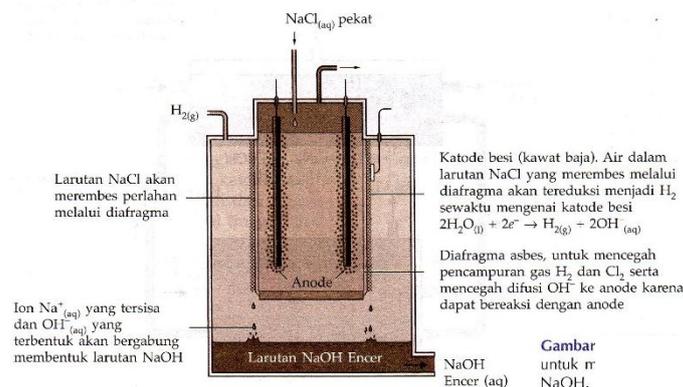
3) Natrium Hidroksida (dari elektrolisis larutan NaCl)

Natrium hidroksida dapat dibuat dengan mengelektrolisis larutan garam NaCl.

Elektrolisis larutan NaCl menghasilkan NaOH di katoda dan Cl₂ di anoda



Untuk memperoleh gas Cl₂, maka ruang anoda dan katoda harus dipisahkan, misalnya pada sel diafragma. Ada beberapa macam rangkaian sel diafragma. Salah satunya dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Sel diafragma untuk memproduksi larutan NaOH.

(Sumber : J.M.C. Johari, M. Rachmawati., 2004. Kimia SMA untuk Kelas XII.)

Sel diafragma ini terdiri dari anoda karbon/grafit dan katoda besi (kawat baja). Anoda dan katoda dipisahkan oleh diafragma asbes berpori. Diafragma ini berfungsi mencegah pencampuran gas H₂ dan Cl₂. Disamping itu, untuk mencegah difusi ion OH⁻ ke anoda karena dapat bereaksi dengan Cl₂.



D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep elektrolisis, Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.

Lembar Kerja 1.

ELEKTROLISIS LARUTAN CuSO_4 dan LARUTAN NaCl (MENGUNAKAN Tabung U)

I. Pendahuluan

Suatu larutan dapat diuraikan oleh arus listrik searah menjadi senyawa lain dalam proses elektrolisis. Zat-zat yang terbentuk dapat diketahui dari perubahan-perubahan yang terjadi dengan bantuan indikator. Dalam percobaan ini anda berlatih mengamati, menyusun alat, memprediksi, dan menyimpulkan hasil elektrolisis larutan CuSO_4 dan NaCl larutan dengan elektroda karbon.

II. Alat dan Bahan

Alat :

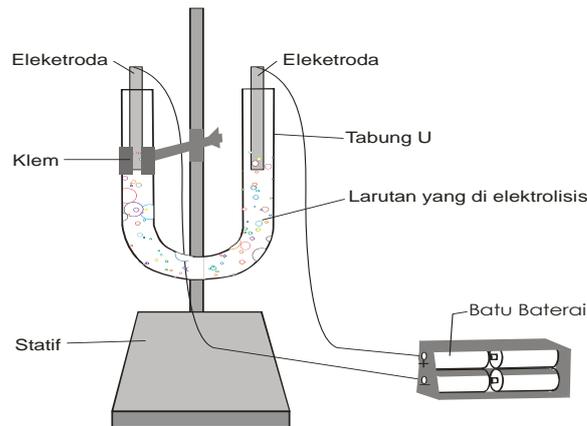
Tabung U	2 buah
Elektroda karbon	2 buah
Batu Batere 4 buah atau catu daya	1 buah
Statif, klem boshead	1 set
Pipet tetes	3 buah
Kabel & penjepit buaya	

Bahan :

Larutan CuSO_4 0,1 M
Larutan NaCl 0,1 M
Larutan Indikator Universal
Larutan Indikator Fenolftalein

III. Cara Kerja dan Pengamatan

Pasang alat elektrolisis seperti terlihat pada gambar.



A. Elektrolisis larutan CuSO_4

Langkah-langkah Kegiatan	Pengamatan									
1. Isi tabung U dengan larutan CuSO_4 0,1 M hingga $\frac{3}{4}$ volume tabung. Amati warna larutannya !	Warna larutan CuSO_4 Di Katoda (-)									
2. Masukkan elektroda karbon pada masing-masing mulut tabung U dan teteskan 2 tetes larutan indikator universal. Amati warna yang terjadi!	Di Anoda (+)									
3. Berikan sumber arus listrik pada elektroda tunggu selama 2 menit. Amati gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator pada elektroda (-) katoda dan elektroda (+) anoda !	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>dikatoda</th> <th>di anoda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gejala yang terjadi</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>Warna Indikator</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>		dikatoda	di anoda	Gejala yang terjadi	Warna Indikator
	dikatoda	di anoda								
Gejala yang terjadi								
Warna Indikator								

B. Elektrolisis Larutan NaCl

Langkah-langkah Kegiatan	Pengamatan						
1. Isi tabung U dengan larutan NaCl 0,1 M hingga $\frac{3}{4}$ volume tabung.	Warna Larutan NaCl Di Katoda (-)						
2. Celupkan kedua elektroda karbon ke dalam masing-masing tabung U dan hubungkan elektroda itu dengan sumber arus listrik selama kira-kira 2 menit. Catat perubahan yang terjadi pada tiap-tiap elektroda !	Di Anoda (+)						
3. Teteskan 2 tetes larutan indikator fenolftalein. Amati warna yang terjadi!	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Larutan</th> <th>dari katoda</th> <th>Dari anoda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fenolftalein</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>	Larutan	dari katoda	Dari anoda	Fenolftalein
Larutan	dari katoda	Dari anoda					
Fenolftalein					



IV. Pertanyaan

1. Untuk elektrolisis larutan CuSO_4 :
 - a. Berdasarkan gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator apa yang dapat disimpulkan dari pengamatan di katoda dan di anoda ?
 - b. Tuliskan persamaan setengah reaksi redoks yang terjadi pada kedua elektroda tersebut!

2. Untuk elektrolisis larutan NaCl :
 - a. Berdasarkan gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator apa yang dapat disimpulkan dari hasil elektrolisis di katoda dan anoda ?
 - b. Tuliskan persamaan setengah reaksi redoks yang terjadi pada kedua elektroda tersebut



Lembar Kerja 2.

**ELEKTROLISIS LARUTAN KI dan LARUTAN Na₂SO₄
(MENGUNAKAN CAWAN PETRI)**

I. Pendahuluan

Suatu larutan dapat diuraikan oleh arus listrik searah menjadi senyawa lain dalam proses elektrolisis. Zat-zat yang terbentuk dapat diketahui dari perubahan-perubahan yang terjadi dengan bantuan indikator. Dalam percobaan ini anda berlatih mengamati, menyusun alat, memprediksi, dan menyimpulkan hasil elektrolisis larutan Na₂SO₄ dan larutan KI dengan elektroda karbon.

II. Alat dan Bahan

Alat :

- Cawan petri 2 buah
- Elektroda karbon 2 buah
- Batu Batere 9 volt 1 buah
- Pipet tetes 3 buah
- Kabel & penjepit buaya 3 set
- Kertas saring berbentuk bulat 2 buah

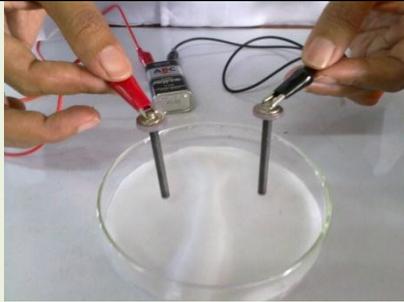
Bahan :

- Larutan KI 0,1 M
- Larutan Na₂SO₄ 0,1 M
- Larutan Indikator Universal
- Larutan Indikator Fenolftalein
- Larutan Amilum 1 %

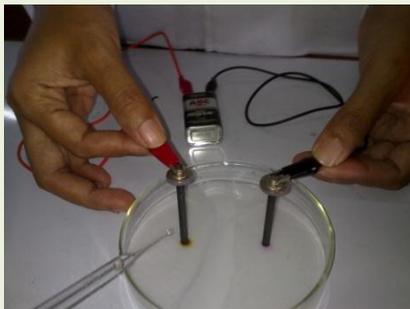
III. Cara Kerja dan Pengamatan

A. Elektrolisis larutan KI

Langkah-langkah Kegiatan	Pengamatan
<p>1. Letakkan kertas saring di atas cawan petri.</p> 	<p>Warna Larutan KI : Warna disekitar elektroda sebelum ditetesi indikator : Di Katoda (-) : Di Anoda (+) :</p>
<p>2. basahi kertas saring tersebut dengan larutan yang akan di elektrolisis yaitu larutan Kalium Iodida.</p>	
<p>3. Kemudian rangkai elektroda dan batere dengan kabel capit buaya.</p>	<p>Warna disekitar elektroda setelah ditetesi indikator :</p>



4. Tempelkan kedua batang karbon diatas kertas saring, tunggu beberapa saat.
5. Teteskan larutan indikator phenolftalein (pp) di sekitar kedua elektroda karbon. Amati dan catat perubahan yang terjadi.



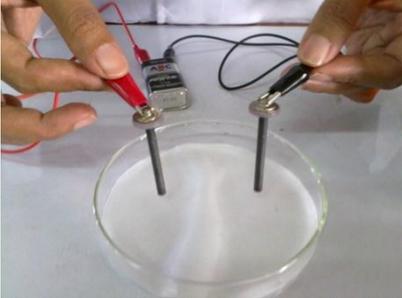
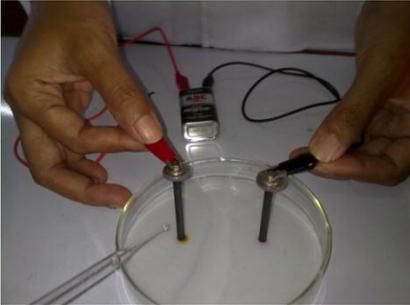
6. Kemudian teteskan amilum di sekitar kedua elektroda karbon. Amati dan catat perubahan yang terjadi.

Larutan indikator	dari katoda	dari anoda
Fenolftalein
Amilum

B. Elektrolisis Larutan Na_2SO_4

Langkah-langkah Kegiatan	Pengamatan
<ol style="list-style-type: none"> 1. Letakkan kertas saring di atas cawat petri.  <ol style="list-style-type: none"> 2. basahi kertas saring tersebut dengan larutan yang akan di elektrolisis yaitu larutan Na_2SO_4. 	<p>Warna larutan Na_2SO_4 :</p> <p>Warna disekitar elektroda sebelum ditetesi indikator : Di Katoda (-) : Di Anoda (+) :</p>



Langkah-langkah Kegiatan	Pengamatan						
<p>3. Kemudian rangkai elektroda dan batere dengan kabel capit buaya.</p>  <p>4. Tempelkan kedua batang karbon diatas kertas saring, tunggu beberapa saat.</p> <p>5. Teteskan larutan indikator universal di sekitar kedua elektroda karbon. Amati dan catat perubahan yang terjadi.</p> 	<p>Warna disekitar elektroda setelah ditetesi indikator :</p> <table border="1" data-bbox="868 405 1350 510"> <thead> <tr> <th>Indikator</th> <th>di katoda</th> <th>di anoda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indikator universal</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>	Indikator	di katoda	di anoda	Indikator universal
Indikator	di katoda	di anoda					
Indikator universal					

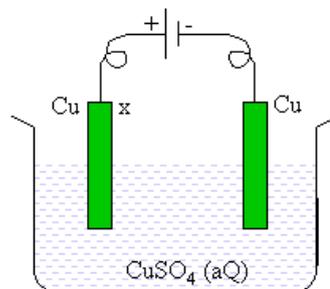
IV. Pertanyaan

- Untuk elektrolisis larutan KI :
 - Berdasarkan gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator apa yang dapat disimpulkan dari pengamatan di katoda dan di anoda ?
 - Tuliskan persamaan setengah reaksi redoks yang terjadi pada kedua elektroda tersebut!
- Untuk elektrolisis larutan Na_2SO_4 :
 - Berdasarkan gejala yang terjadi dan perubahan warna indikator apa yang dapat disimpulkan dari hasil elektrolisis di katoda dan anoda ?
 - Tuliskan persamaan setengah reaksi redoks yang terjadi pada kedua elektroda tersebut

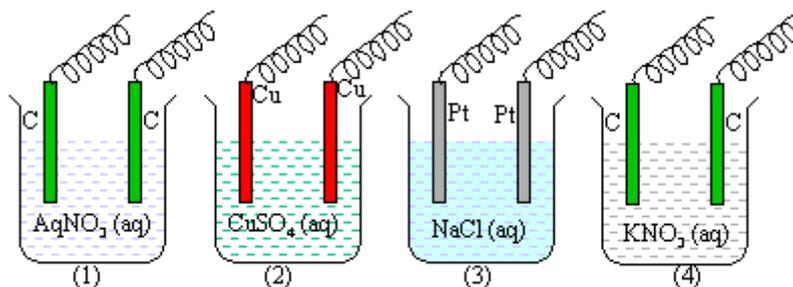


E. Latihan/Kasus/Tugas

- Pada sel elektrolisis berlaku
 - anode bermuatan negatif
 - migrasi kation menuju elektrode positif
 - elektrode yang dihubungkan dengan terminal positif baterai dinamakan katode
 - reduksi berlangsung di katode
- Pada elektrolisis seperti gambar di bawah ini persamaan yang menunjukkan reaksi pada elektroda X adalah



- $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^-$
 - $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$
 - $\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
 - $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
- Reaksi yang terjadi pada katoda dari elektrolisis larutan Na_2SO_4 adalah
 - $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$
 - $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$
 - $2\text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
 - $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_4(\text{aq})$
 - Perhatikan gambar elektrolisis berikut ini :



Elektrolisis yang menghasilkan gas H_2 ditunjukkan pada gambar



- A. 1 dan 2
B. 2 dan 3
C. 3 dan 4
D. 2 dan 4
5. Jika larutan MgCl_2 dielektrolisis, zat yang akan terbentuk di anode adalah....
A. $\text{Mg}(s)$
B. $\text{Cl}_2(g)$
C. $\text{H}_2(g)$
D. $\text{O}_2(g)$
6. Pada proses elektrolisis larutan NaOH dengan elektrode Pt, reaksi kimia yang terjadi pada katode adalah
A. $\text{Na}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Na}(s)$
B. $4\text{OH}^-(aq) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g) + 4e^-$
C. $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
D. $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4\text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4e^-$
7. Elektrolisis zat manakah yang menghasilkan gas hidrogen di anoda?
A. $\text{NH}_3(l)$
B. $\text{NaH}(aq)$
C. $\text{HCl}(aq)$
D. $\text{KHSO}_4(aq)$
8. Pada proses melapisi suatu logam dengan perak secara elektrolisis, jumlah perak yang melapisinya bergantung pada
A. Jumlah coulomb listrik yang dialirkan
B. Potensial pada kedua elektroda
C. Massa elektroda
D. Daya hantar ion dalam larutan
9. Logam yang *tidak* diperoleh dengan cara elektrolisis adalah
A. Aluminium
B. Magnesium



- C. Kalsium
 - D. Merkuri
10. Proses yang digunakan untuk memperoleh tembaga murni dalam jumlah komersial menggunakan elektrolisis larutan tembaga sulfat dengan menggunakan elektroda tembaga. Selama proses berlangsung
- A. Logam tembaga diendapkan pada elektroda positif
 - B. Ion tembaga bermigrasi ke arah anoda
 - C. gas hidrogen dilepaskan pada elektrode negatif
 - D. berkurangnya massa anoda

Soal Uraian

1. Jawablah pertanyaan berikut ini.
 - A. Apa yang dimaksud dengan sel elektrolisis?
 - B. Jelaskan definisi anoda dan katoda dalam sel elektrolisis?
2. Zat-zat di bawah ini dielektrolisis dengan elektroda tertentu. Tuliskan reaksi pada elektrodanya.
 - A. Lelehan $MgCl_2$ dengan elektroda Pt
 - B. Larutan $MgCl_2$ dengan elektroda Pt
 - C. Larutan $Cd(NO_3)_2$ dengan elektroda Pt
 - D. Larutan K_2SO_4 dengan elektroda grafit
 - E. Larutan $MgCl_2$ encer dengan elektroda grafit
 - F. Larutan H_2SO_4 dengan elektroda Pt
 - G. Larutan $AgNO_3$ dengan elektroda perak
 - H. Larutan $NiSO_4$ dengan elektroda platina
 - I. Larutan KNO_3 dengan elektroda Pt
 - J. Larutan $CuSO_4$ dengan elektroda Cu
 - K. Larutan $CuSO_4$ dengan elektroda Pt
3. Elektrolisis larutan KI menghasilkan warna coklat yang khas di sekitar anoda karena timbulnya iodin. Terangkan hasil pengamatan tersebut dengan reaksinya!
4. Pada elektrolisis air sering ditambahkan sedikit asam sulfat ke dalam air. Apa peran dari asam sulfat?
5. Proses klor-alkali menggunakan prinsip elektrolisis.



- A. Apa bahan yang digunakan dalam proses ini?
- B. Sebutkan tiga produk yang dihasilkan dalam proses ini dan contoh kegunaannya.
- C. Apakah yang terbentuk pada anodanya?
- D. Tuliskan persamaan reaksinya lengkap dengan lambang fasa nya! Apa yang dimaksud dengan lambang fasa (*aq*)?

F. Rangkuman

Suatu elektrolisis, merupakan penguraian zat-zat kimia oleh arus listrik searah. Terminal negatif dari sumber eksternal terhubung ke katoda dari sel, dan terminal positif ke anoda. Pada elektroda positif (anoda) terjadi penarikan elektron dari ion bermuatan negatif sehingga terjadi reaksi oksidasi. Sumber arus searah (DC) memompa elektron-elektron tersebut ke elektroda negatif (katoda). Di katoda, elektron ditarik oleh ion bermuatan positif sehingga terjadi reaksi reduksi. Media pembawa arus dalam suatu sel elektrolitik dapat berupa lelehan garam atau larutan elektrolit. Elektrolisis mempunyai peranan penting dalam penyepuhan, yaitu pelapisan suatu logam dengan logam lain agar diperoleh sifat yang lebih baik (tahan karat, mengkilap, dan menarik); memperoleh logam murni dari bijihnya, misalnya aluminium dan magnesium; serta dalam pemurnian logam, misalnya pemurnian tembaga.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan tes formatif 1 ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Belajar 2, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan belajar 2 ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: TERMOKIMIA 1 (REAKSI EKSOTERM DAN REAKSI ENDOTERM)

Energi merupakan sumber esensial bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Makanan yang kita makan merupakan sumber energi yang memberikan kekuatan kepada kita untuk dapat bekerja, belajar, dan beraktivitas lainnya. Setiap materi mengandung energi dalam bentuk energi potensial dan energi kinetik. Kedua energi ini dinamakan energi internal (energi dalam). Energi yang terkandung dalam suatu zat disebut entalpi dengan lambang H . Jika energi yang terkandung dalam materi berubah maka perubahan energi dinamakan kalor. Perubahan energi (kalor) pada tekanan tetap dinamakan perubahan entalpi (ΔH). Bagaimanakah perubahan entalpi suatu reaksi? Apakah reaksi eksoterm dan endoterm serta bagaimana membedakannya melalui percobaan? Bagaimanakah menentukan ΔH reaksi berdasarkan percobaan? Semuanya itu akan dipelajari dalam modul ini.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan peserta diklat dapat memahami konsep energi dalam, entalpi suatu zat dan perubahannya, serta reaksi eksoterm dan endoterm.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Memahami Hukum Kekekalan Energi.
2. Menjelaskan sistem dan lingkungan.
3. Menjelaskan konsep perubahan entalpi.
4. Membedakan reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan gejala yang timbul pada saat percobaan.



C. Uraian Materi

Tahukah anda, bahwa banyak aktivitas yang dapat kita lakukan karena adanya energi? Energi merupakan sumber esensial bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Energi ini diperoleh dari makanan yang diproses oleh tubuh sehingga menghasilkan kalor atau energi. Di alam terdapat banyak reaksi kimia yang menghasilkan atau menyerap energi. Contoh jika sebatang kayu dibakar, energi kimia yang dimiliki kayu akan diubah menjadi energi kalor. Berapakah jumlah energi kalor yang dihasilkan dari kayu tersebut?

1. Perubahan Energi dalam (AU) Reaksi Kimia

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja atau kemampuan yang menyebabkan terjadinya perpindahan panas. Energi yang dimiliki suatu materi dapat berupa energi potensial, energi kinetik, energi listrik, energi kimia dan berbagai jenis energi lainnya.

Semua bentuk energi pada prinsipnya dapat diubah dari satu bentuk energi menjadi bentuk energi lainnya, tetapi energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Ini dikenal dengan *Hukum Kekekalan Energi*.

Matahari adalah ciptaan Tuhan yang merupakan sumber energi bagi alam semesta baik berupa energi panas maupun energi cahaya. Tumbuhan hijau menyerap cahaya matahari dan mengubah zat-zat pada daun menjadi karbohidrat melalui fotosintesis. Karbohidrat merupakan sumber energi bagi makhluk hidup. Peristiwa ini merupakan salah satu contoh hukum kekekalan energi yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi dapat diubah dari suatu bentuk energi menjadi bentuk yang lain.

Peristiwa lain yang menunjukkan hukum kekekalan energi pada kimia, misalnya batu baterai dapat menyalakan lampu senter. Pada batu baterai reaksi kimia yang terjadi menghasilkan energi listrik, kemudian energi listrik berubah menjadi energi cahaya. Pada proses-proses tersebut tidak ada energi yang hilang tetapi energi berubah ke bentuk energi lain.

Kalor q adalah energi yang dipindahkan melalui batas-batas sistem, sebagai akibat langsung dari perbedaan suhu yang terdapat antara sistem dan lingkungan.



Kalor menurut perjanjian, q positif bila kalor masuk ke dalam sistem, q negatif bila kalor keluar dari sistem. Besarnya kalor tergantung pada proses.

Kerja W adalah setiap energi yang bukan kalor, yang dipertukarkan antara sistem dan lingkungan. Kerja ini dapat berupa kerja mekanik, kerja listrik, kerja ekspansi, dan sebagainya.

W mempunyai perjanjian seperti halnya q yaitu W positif bila sistem menerima kerja (lingkungan melakukan kerja terhadap sistem). W negatif bila sistem melakukan kerja terhadap lingkungan. Besarnya kerja tergantung pada proses. Kerja ekspansi adalah kerja yang berkaitan dengan perubahan volume terhadap tekanan P yang tetap besarnya:

$$W = - P \cdot \Delta V$$

Masing-masing proses dapat berlangsung secara bolak balik dan searah. Pada umumnya proses yang terjadi di alam adalah searah (irreversibel). Proses bolak-balik atau proses dapat balik di mana tekanan sistem hanya mempunyai perbedaan sedikit sekali dengan lingkungan, sehingga kerja ekspansi sistem akan berbeda sedikit sekali dengan kerja yang diperlukan untuk memampatkan gas kembali ke keadaan semula. Misalnya: Tekanan dari lingkungan = 0 ($P_l = 0$)

Bila P_l ditambah, maka volume gas dalam sistem menjadi lebih kecil dan tekanan dalam sistem P_s bertambah. Ini terjadi sampai $P_s = P_l$. Pada saat itu kerja yang dilakukan sistem adalah maksimum. Keadaan sistem semacam itu disebut keadaan reversibel atau dapat dibalik.

Hubungan antara kalor dan kerja dalam suatu sistem dan lingkungan digambarkan sebagai berikut: sejumlah tertentu kalor dimasukkan dalam suatu sistem dari sekitarnya. Tetapi didapatkan bahwa kerja yang dilakukan oleh sistem lebih kecil dari nilai kalor yang dimasukkan, maka ada suatu energi yang tersimpan dalam sistem yang besarnya sama dengan jumlah aljabar dari kalor dan kerja. *Energi yang tersimpan tersebut dinyatakan sebagai energi dalam.* Besarnya perubahan energi dalam adalah $U_1 - U_2 = \Delta U$, sama dengan jumlah aljabar q dan W (perhatikan tanda q dan W)., persamaannya yaitu :

$$\Delta U = q + W$$

Dimana : ΔU = perubahan energi dalam; q = kalor, W = kerja



q dan W mempunyai tanda sesuai dengan perjanjian pada kalor dan kerja.

Pernyataan di atas dikenal sebagai Hukum Pertama Termodinamika

Contoh :

Sejumlah panas 50 joule dikirimkan ke dalam suatu sistem, sehingga dapat melakukan kerja sebesar 30 joule. Tentukan perubahan energi dalam sistem dan lingkungan masing-masing.

Diketahui : $q = 50 \text{ J}$

$$W_s = - 30 \text{ J}$$

Ditanyakan : a. ΔU_s .

b. ΔU_1

Jawab :

a. $\Delta U = q_s + W_s$

$$\Delta U_s = 50 - 30$$

$$\Delta U_s = 20 \text{ J}$$

b. $q_1 = -q_s = - 50 \text{ J}$

$$W_1 = W_s = 30 \text{ J}$$

$$\Delta U_1 = - 50 + 30$$

$$\Delta U_1 = - 20 \text{ J}$$

Jumlah energi total dari sistem dan lingkungan adalah tetap

Energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, tetapi dapat diubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain dalam jumlah yang ekuivalen. Pada proses kimia, energi dapat berbentuk Panas (q), Energi dalam (U), dan Kerja (W).

Panas yang diserap oleh suatu sistem pada umumnya diubah menjadi : Energi dalam, sehingga energi dalam sistem tersebut bertambah. Hal ini dapat dilihat dengan adanya kenaikan suhu, perubahan fase yang membutuhkan kalor (dari padat ke cair, dari cair ke gas) dan perubahan susunan atom dalam molekul-molekulnya.



2. Sistem dan Lingkungan

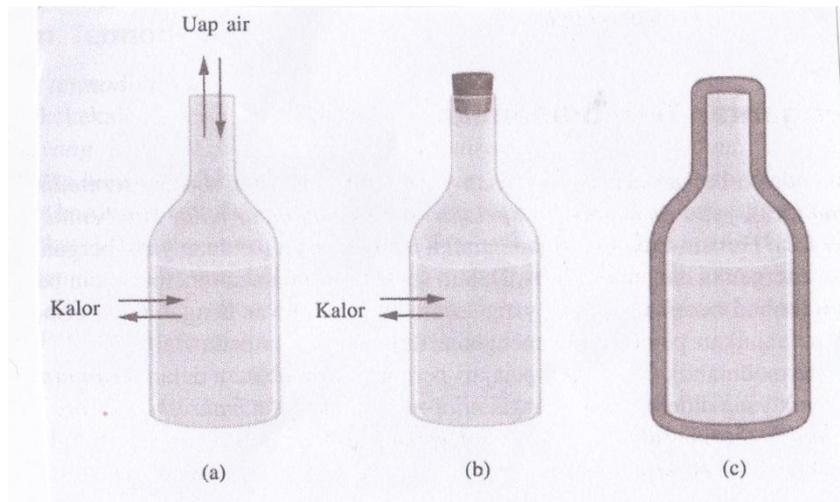
Secara prinsip, perubahan entalpi disebabkan adanya aliran panas dari sistem ke lingkungan, atau sebaliknya. Apakah yang disebut sistem dan lingkungan?

Secara umum, sistem didefinisikan sebagai bagian dari semesta yang merupakan fokus kajian dan lingkungan adalah segala sesuatu di luar sistem yang bukan kajian.

Dalam reaksi kimia, Anda dapat mendefinisikan sistem. Misalnya pereaksi dinyatakan sebagai sistem, maka selain pereaksi disebut lingkungan, seperti pelarut, hasil reaksi, tabung reaksi, udara disekitarnya, dan segala sesuatu selain pereaksi.

Jadi sistem adalah segala sesuatu yang dipelajari pertukaran energinya. Lingkungan adalah bagian lainnya yang dapat mempengaruhi sistem. Antara sistem dan lingkungan dapat terjadi pertukaran materi dan energi. Berdasarkan pertukarannya dapat dibedakan 3 macam sistem:

- a. Sistem terbuka dimana terjadi pertukaran materi dan energi dengan lingkungannya.
- b. Contoh: Campuran zat-zat dalam gelas kimia.
- c. Sistem tertutup dimana terjadi pertukaran energi dengan lingkungannya .
- d. Contoh: Sejumlah gas dalam silinder yang dilengkapi penghisap dapat dipelajari hubungan suhu, tekanan, dan volume gas.
- e. Sistem tersekat dimana tidak terjadi pertukaran materi dan energi dengan lingkungannya. Sistem mempunyai energi yang tetap, walaupun di dalamnya dapat terjadi perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain.
- f. Contoh: Air panas yang disimpan dalam termos .



Gambar 3.1 a. Sistem terbuka, b. Sistem tertutup, c. Sistem Tersekat

Sistem mempunyai energi yang tetap, walaupun di dalamnya dapat terjadi perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain.

3. Entalpi dan Perubahannya

Setiap materi mengandung energi yang disebut energi dalam (U). Besarnya energi ini tidak dapat diukur, yang dapat diukur hanyalah perubahannya. Mengapa energi dalam tidak dapat diukur? Materi bergerak dengan kecepatan sebesar kuadrat kecepatan cahaya sesuai persamaan Einstein ($E = mc^2$). Perubahan energi dalam ditentukan oleh keadaan akhir dan keadaan awal ($\Delta U = U_{\text{akhir}} - U_{\text{awal}}$).

Perubahan energi dalam/internal dalam bentuk panas dinamakan kalor. Kalor adalah energi panas yang ditransfer (mengalir) dari satu materi ke materi lain. Jika tidak ada energi yang ditransfer, tidak dapat dikatakan bahwa materi mengandung kalor. Dengan demikian kalor dapat diukur jika ada aliran energi dari satu materi ke materi lain. Besarnya kalor ini, ditentukan oleh selisih keadaan akhir dan keadaan awal.

Contoh:

Air panas dalam termos. Kita tidak dapat mengatakan bahwa air dalam termos mengandung banyak kalor sebab panas yang terkandung dalam air termos bukan kalor, tetapi energi dalam. Jika terjadi perpindahan panas dari air dalam



termos ke lingkungan sekitarnya atau dicampur dengan air dingin maka akan ada perpindahan energi dalam bentuk kalor. Besarnya kalor ini diukur berdasarkan perbedaan suhu dan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = m c \Delta T$$

Keterangan:

Q = kalor

m = massa zat

c = kalor jenis zat

ΔT = selisih suhu

Jika proses perubahan terjadi pada tekanan tetap, misalnya dalam wadah terbuka (tekanan atmosfer) maka kalor yang terbentuk dinamakan perubahan entalpi (ΔH). Entalpi dilambangkan dengan H (berasal dari kata 'Heat of Content'). Dengan demikian, perubahan entalpi adalah kalor yang terjadi pada tekanan tetap, atau $\Delta H = Q_p$ (Q_p menyatakan kalor yang diukur pada tekanan tetap).

Entalpi sama seperti temperatur adalah fungsi keadaan. Karena itu dengan cara bagaimanapun keadaan satu ke yang lain akan terjadi, perubahan energi akhir atau perubahan entalpi akhir adalah sama. Bila hal ini tak benar, maka mungkin saja untuk bergerak dari keadaan 1 ke keadaan 2 melalui satu jalan yang memerlukan pemasukan sejumlah energi tertentu kemudian kembali dari keadaan 2 ke 1 melalui jalan lain yang mengeluarkan energi yang lebih besar. Bila hal ini mungkin, tentunya akan dilakukan ulangan putaran ini terus menerus sehingga tiap kali ada energi yang dapat disimpan. Kita akan dapat menemukan mesin pergerakan yang abadi, suatu alat yang menghasilkan energi. Tetapi karena hukum kekekalan energi telah menjadi suatu kenyataan, maka pergerakan yang abadi semacam ini tak mungkin (malah Kantor Paten U.S.A. menolak mengeluarkan paten semacam ini kecuali penemunya dapat memberikan model alatnya).

Pengukuran kalor reaksi umumnya dilakukan pada udara terbuka dengan tekanan yang dapat dianggap tetap, maka dalam kimia kebanyakan dipakai entalpi ($= \Delta H$).



Entalpi adalah ukuran dari jumlah energi total yang dikandung oleh suatu sistem. Energi yang di simpan dalam suatu zat tidak diketahui jumlahnya. Perubahan entalpi ialah perubahan energi total suatu sistem pada tekanan tetap.

Contoh :

- Entalpi kayu lebih kecil daripada entalpi arang karena kayu bila dibakar menghasilkan panas lebih sedikit dari pada arang.
- Entalpi 1 liter premium < entalpi 1 liter bensin super 98 sebab premium bila dibakar menghasilkan panas lebih sedikit daripada bensin super.

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}$$

Contoh : kayu + x kkal \longrightarrow arang

Rumus : $\Delta H_{\text{reaksi}} = H_{\text{arang}} - H_{\text{kayu}}$

Karena $H_{\text{kayu}} < H_{\text{arang}}$

Maka $\Delta H_{\text{reaksi}} > 0$ berarti reaksi endoterm

Kesimpulan :

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = - \text{kalor reaksi}$$

.Menurut perjanjian :

Entalpi suatu unsur pada keadaan standar sama dengan nol.

Misal : $\Delta H_f^0 \text{ N}_2 = 0$; $\Delta H_f^0 \text{ Fe} = 0$

4. Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Pada semua reaksi kimia, selalu ada energi yang diserap atau dikeluarkan. Misalkan kita akan melakukan reaksi kimia dalam suatu tempat tertutup, sehingga tak ada panas yang dapat keluar/masuk ke dalam campuran reaksi tersebut, atau reaksi dilakukan sedemikian rupa sehingga energi total tetap sama. Misalkan energi potensial dari hasil reaksi lebih rendah dari energi potensial pereaksi, sehingga waktu reaksi terjadi ada penurunan energi potensial. Tetapi energi ini tak dapat hilang begitu saja, karena energi total (kinetik dan potensial) harus tetap konstan. Sebab itu, bila energi potensialnya turun, maka energi kinetiknya harus naik, berarti energi potensial berubah



menjadi energi kinetik. Penambahan jumlah energi kinetik akan menyebabkan harga rata-rata energi kinetik dari molekul-molekul naik, yang kita lihat sebagai kenaikan temperatur dari campuran reaksi.

Kebanyakan reaksi kimia tidaklah tertutup. Bila campuran reaksi menjadi panas, panas dapat mengalir ke sekelilingnya. Setiap perubahan yang dapat melepaskan energi ke sekelilingnya seperti ini disebut *perubahan eksoterm*. Perhatikan bahwa bila terjadi reaksi eksoterm, temperatur dari campuran reaksi akan naik dan energi potensial dari zat-zat kimia yang bersangkutan akan turun.

Kadang-kadang perubahan kimia terjadi di mana ada kenaikan energi potensial dari zat-zat bersangkutan. Bila hal ini terjadi, maka energi kinetiknya akan turun sehingga temperaturnya juga turun. Bila sistem tidak tertutup di sekelilingnya, panas dapat bersatu menjadi campuran reaksi dan perubahannya disebut *perubahan endoterm*. Reaksi endoterm terjadi apabila temperatur dari campuran reaksi akan turun dan energi potensial dari zat-zat yang ikut dalam reaksi akan naik.

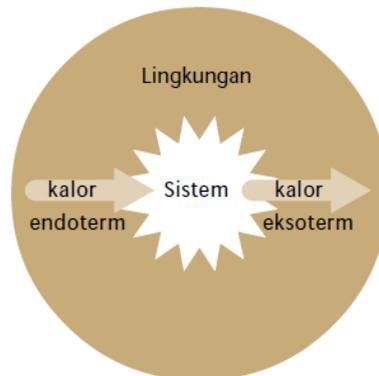
Bila bensin dicampur dengan udara dan percikan api dialirkan pada campuran ini, akan terjadi reaksi cepat yang dapat dinyatakan dengan reaksi:



Campuran reaksi akan menjadi panas dan panas yang ditimbulkan dapat menjadi tenaga untuk kendaraan. Apakah reaksi ini eksoterm atau endoterm? Campuran mana yang mempunyai energi potensial lebih besar, $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2$ atau $16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$?

Karena campuran reaksi menjadi panas, berarti reaksinya eksotermik. Dalam reaksi eksotermik, energi potensialnya turun, maka hasil reaksi ($16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$) mempunyai energi potensial lebih rendah dari pada pereaksinya.

Jika dalam reaksi kimia terjadi perpindahan panas dari sistem ke lingkungan maka suhu lingkungan meningkat. Jika suhu sistem turun maka dikatakan bahwa reaksi tersebut eksoterm. Reaksi endoterm adalah kebalikan dari reaksi eksoterm (perhatikan Gambar 3.2.).



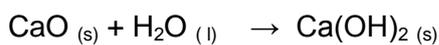
Gambar 3.2 Diagram proses eksoterm dan endoterm antara sistem dan lingkungan

Contoh : Reaksi Eksoterm

Kapur tohor (CaO) digunakan untuk melabur rumah agar tampak putih bersih. Sebelum kapur dipakai, terlebih dahulu dicampur dengan air dan terjadi reaksi yang disertai panas. Apakah reaksi ini eksoterm atau endoterm? Bagaimana perubahan entalpinya?

Jawab:

Reaksi yang terjadi:



Oleh karena timbul panas, artinya reaksi tersebut melepaskan kalor atau reaksinya

eksoterm, ini berarti kalor hasil reaksi lebih rendah dari pereaksi. Jika reaksi itu dilakukan pada tekanan tetap (terbuka) maka kalor yang dilepaskan menyatakan perubahan entalpi (ΔH) yang harganya negatif.

Contoh : Reaksi Endoterm

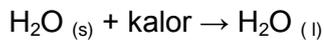
Sepotong es dimasukkan ke dalam botol plastik dan ditutup. Dalam jangka waktu tertentu es mencair, tetapi di dinding botol sebelah luar ada tetesan air. Dari mana

tetesan air itu?

Jawab:



Perubahan es menjadi cair memerlukan energi dalam bentuk kalor. Persamaan kimianya:



Kalor yang diperlukan untuk mencairkan es diserap dari lingkungan sekitar, yaitu botol dan udara. Ketika es mencair, es menyerap panas dari botol sehingga suhu botol akan turun sampai mendekati suhu es. Oleh karena suhu botol bagian dalam dan luar mendekati suhu es maka botol akan menyerap panas dari udara sekitar. Akibatnya, uap air yang ada di udara sekitar suhunya juga turun sehingga mendekati titik leleh dan menjadi cair yang kemudian menempel pada dinding botol.

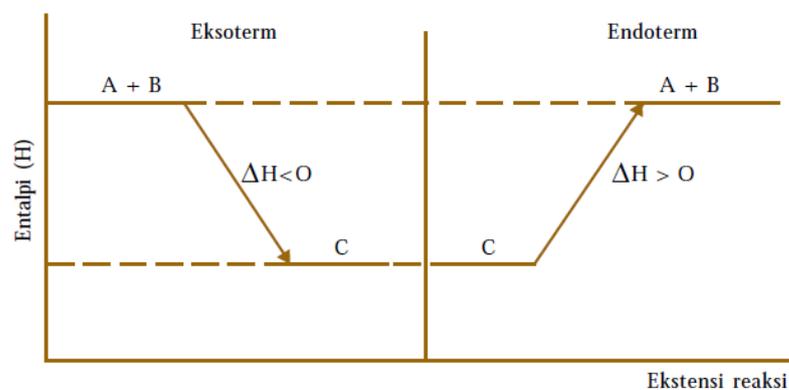
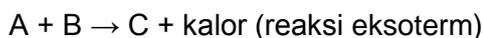
Bagaimana hubungan antara reaksi eksoterm/endoterm dan perubahan entalpi? Dalam reaksi kimia yang melepaskan kalor (eksoterm), energi yang terkandung dalam zat-zat hasil reaksi lebih kecil dari zat-zat pereaksi. Oleh karena itu, perubahan entalpi reaksi berharga negatif.

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{pereaksi}} < 0$$

Pada reaksi endoterm, perubahan entalpi reaksi akan berharga positif

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{pereaksi}} > 0$$

Secara umum, perubahan entalpi dalam reaksi kimia dapat diungkapkan dalam bentuk diagram reaksi berikut.



Gambar 3.3. Diagram entalpi reaksi



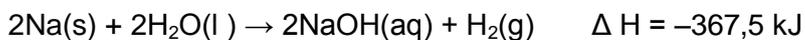
5. Persamaan Termokimia

Peraturan penulisan perubahan entalpi reaksi juga dibuat aturannya, yaitu:

- Tuliskan persamaan reaksi lengkap dengan koefisien dan fasanya, kemudian tuliskan ΔH di ruas kanan (hasil reaksi).
- Untuk reaksi eksoterm, nilai ΔH negatif, sebaliknya untuk reaksi endoterm, nilai ΔH positif.

Contoh:

Perhatikan persamaan reaksi berikut:



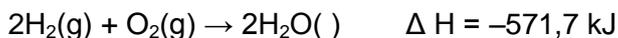
Persamaan ini menyatakan bahwa dua mol natrium bereaksi dengan dua mol air menghasilkan dua mol natrium hidroksida dan satu mol gas hidrogen. Pada reaksi ini dilepaskan kalor sebesar 367,5 kJ.

Pada persamaan termokimia harus dilibatkan fasa zat-zat yang bereaksi sebab perubahan entalpi bergantung pada fasa zat.

Contoh:

Reaksi gas H_2 dan O_2 membentuk H_2O . Jika air yang dihasilkan berwujud cair, kalor yang dilepaskan sebesar 571,7 kJ. Akan tetapi, jika air yang dihasilkan berupa uap, kalor yang dilepaskan sebesar 483,7 kJ.

Persamaan termokimianya:



Gejala ini dapat dipahami karena pada saat air diuapkan menjadi uap air memerlukan kalor sebesar selisih ΔH kedua reaksi tersebut



D. Aktivitas Pembelajaran

Lembar Kegiatan 1

Reaksi Eksoterm dan Reaksi Endoterm

1. Tujuan : Membedakan reaksi eksoterm dan endoterm
2. Alat dan Bahan

Alat

- Tabung reaksi 6 buah
- Rak tabung reaksi 1 buah
- Termometer 10 s.d 110 0C 1 buah
- Gelas ukur 10 mL 1 buah
- Spatula 1 buah

Bahan :

- Urea padat 0,5 gram
- NaOH padat 0,5 gram
- CaO padat 0,5 gram
- NaCl (garam dapur) padat 0,5 gram
- NH₄Cl padat 0,5 gram
- Ba(OH)₂. 8 H₂O padat 0,5 gram

3. Cara Kerja

- a. Siapkan 6 buah tabung reaksi, beri nomor 1 sampai 6. Masukkan air suling sebanyak 5 cm³ ke dalam masing-masing tabung tersebut.
- b. Ke dalam tabung nomor 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 , masukkan berturut-turut :
 - satu spatula urea.
 - satu spatula NaOH
 - satu spatula CaO
 - satu spatula NaCl
 - satu spatula NH₄Cl
 - satu spatula Ba(OH)₂.8 H₂O
- c. Ukur temperatur awal (T₁) dan temperatur akhir (T₂) nya, catat hasil pengamatan pada tabel pengamatan berikut.



4. Hasil Pengamatan

Tabung ke-	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	Perubahan yang terjadi	Pengamatan
1
2
3
4
5
6
7

5. Pertanyaan

- 1) Dari tabel pengamatan, zat apa saja bila dilarutkan dalam air, mengalami reaksi eksoterm dan endoterm?

.....

- 2) Dalam kehidupan sehari-hari, bila WC mampet, ibu-ibu rumah tangga sering menggunakan plong atau bahkan NaOH padatan yang dimasukkan ke dalam lubang WC kemudian ditutup. Setelah beberapa saat, WC yang mampet karena kotoran yang menyumbat dapat lancar kembali. Menurutmu bagaimana peristiwa tersebut dapat dijelaskan secara kimia?

.....



Lembar Kegiatan 2

PERUBAHAN ENERGI PADA REAKSI KIMIA

Pada kegiatan ini akan diperkenalkan perubahan energi pada reaksi kimia.

A. Alat dan bahan :

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| 1. Tabung reaksi dan rak | 2 / 1 |
| 2. Pengaduk kaca | 1 |
| 3. Penjepit tabung | 1 |
| 4. spatula | 1 |
| 5. Gelas kimia | 1 |
| 6. Barium Hidroksida hidrat | 2 spatula |
| 7. Amonium klorida | 2 spatula |
| 8. Tembaga (II) karbonat | 3 spatula |
| 9. Kertas lakmus merah | 10 cm ³ |
| 10. Karbit | |

B. Cara Kerja

- Masukan 100ml air ke dalam gelas kimia dan uji dengan kertas lakmus merah. Masukkan sebongkah kecil karbit ke dalam gelas kimia tersebut. Pegang gelas itu untuk merasakan suhunya dengan memegang gelas kimia. Uji hasil reaksi karbit dengan H₂O menggunakan kertas lakmus.
- Masukkan Ba(OH)₂ · 8H₂O sebanyak 2 spatula ke dalam tabung reaksi . Tambahkan NH₄Cl sebanyak 2 spatula. Aduk campuran itu kemudian tutup dengan gabus. Pegang tabung itu dan rasakan suhunya. Biarkan sebentar, buka dan cium bau gas yang timbul, kemudian teteskan larutan pada kertas lakmus. Catat pengamatan anda.
- Masukan 3 spatula tembaga (II) karbonat ke dalam tabung reaksi. Panaskan tabung sampai mulai terjadi perubahan pada tembaga(II)karbonat. Hentikan pemanasan, amati apa yang terjadi dan catat pengamatan anda.



C. Hasil Pengamatan

No	Kegiatan	Pengamatan
1.a b	Pencampuran Karbit dan air Warna kertas lakmus merah	
2.a b	Pencampuran $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dan NH_4Cl Pemeriksaan larutan dengan kertas lakmus merah	
3.a b	Pemanasan CuCO_3 Ketika pemanasan dihentikan.	

D. Pertanyaan

1. Gejala apakah yang menunjukkan telah terjadi reaksi kimia pada percobaan 1,2 dan 3?
2. Jika reaksi dibiarkan beberapa jam, apa yang anda harapkan terjadi dengan suhu campuran pada percobaan 1 dan 2?
3. Bagaimanakan jumlah energi zat hasil reaksi dibandingkan dengan jumlah energi zat pereaksi pada percobaan 1,2 dan 3?
4. Gambarlah diagram tingkat energi untuk ketiga reaksi tersebut!



E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan

1. Berikut ini merupakan harga-harga entalpi

I. ΔH positif

II. ΔH negatif

III. $\sum H_{\text{produk reaksi}} > \sum H_{\text{pereaksi}}$

IV. $\sum H_{\text{produk reaksi}} < \sum H_{\text{pereaksi}}$

Dari pilihan diatas, yang merupakan ciri reaksi eksoterm adalah...

- | | |
|---------------|--------------|
| A. I dan III | C. II dan IV |
| B. II dan III | D. I dan II |

2. Perhatikan berbagai hasil percobaan berikut :

- 1). karbit + air, timbul gas yang tak sedap, suhu sistem naik.
- 2). Serbuk NH_4Cl + serbuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$, timbul gas tak sedap, terjadi penurunan suhu.
- 3). Pita tembaga + larutan H_2SO_4 , tidak terjadi perubahan, tetapi berubah menjadi zat padat hitam setelah dipanaskan; reaksi berlanjut setelah pemanasan berhenti
- 4). gas N_2O_4 yang tak berwarna berubah menjadi coklat jika dipanaskan; jika pemanasan dihentikan, perlahan-lahan kembali tidak berwarna.

Proses yang tergolong reaksi endoterm adalah...

- | | |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | C. 3 dan 4 |
| B. 2 dan 4 | D. 1 dan 4 |

3. Jika logam Na dimasukkan ke dalam air yang mengandung indikator phenolptalein gejala yang akan timbul adalah ...

- A. Terbentuk gas H_2 , larutan berwarna merah dan reaksi eksoterm
- B. Terbentuk gas H_2 , larutan berwarna merah dan reaksi endoterm
- C. Terbentuk gas H_2 , larutan tidak berwarna dan reaksi eksoterm
- D. Terbentuk gas O_2 , larutan berwarna merah dan reaksi eksoterm



4. Berapa ΔH reaksi pembakaran C_2H_6 jika diketahui:
- $\Delta H_f C_2H_6 = -84,7 \text{ kJ mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f CO_2 = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f H_2O = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
- A. +1559,7 kJ.
B. - 1559,7 kJ
C. + 84,7 kJ
D. - 84,7 kJ
5. Diketahui Persamaan termokimia $NH_3(g) \rightarrow 1/2 N_2(g) + 3/2 H_2(g)$
 $\Delta H_d = +46,11 \text{ kJ}$
Berapa jumlah kalor yang dibebaskan pada pembentukan senyawa NH_3 dari unsur-unsurnya?
- A. - 64,11 kJ
B. +46,11 kJ
C. - 64,11 kJ
D. - 46,11 kJ

Kasus

Jika NaOH dan HCl direaksikan dalam pelarut air, kemudian suhu larutan diukur maka ketinggian raksa pada termometer akan naik yang menunjukkan suhu larutan meningkat. Apakah reaksi tersebut eksoterm atau endoterm? Semua literatur menyatakan reaksi NaOH dan HCl melepaskan kalor (eksoterm). Jika melepaskan kalor suhunya harus turun, tetapi faktanya naik.

Bagaimana menjelaskan fakta tersebut dihubungkan dengan hasil studi literatur?

NaOH dan HCl adalah sistem yang akan dipelajari (fokus kajian). Selain kedua zat tersebut ditetapkan sebagai lingkungan, seperti pelarut, gelas kimia, batang termometer, dan udara sekitar. Ketika NaOH dan HCl bereaksi, terbentuk NaCl dan H_2O disertai pelepasan kalor. Kalor yang dilepaskan ini diserap oleh lingkungan, akibatnya suhu lingkungan naik. Kenaikan suhu lingkungan ditunjukkan oleh naiknya suhu larutan.

Jadi, yang Anda ukur bukan suhu sistem (NaOH dan HCl) melainkan suhu lingkungan (larutan NaCl sebagai hasil reaksi). Zat NaOH dan HCl dalam larutan



sudah habis bereaksi. Oleh karena reaksi NaOH dan HCl melepaskan sejumlah kalor maka dikatakan reaksi tersebut *eksoterm*.

Dengan demikian, antara fakta dan studi literatur cocok.

F. Rangkuman

Sistem adalah segala sesuatu yang dipelajari perubahan energinya. Sedangkan Lingkungan adalah segala yang berada di sekeliling sistem.

Perubahan entalpi adalah perubahan energi pada suatu reaksi yang berlangsung pada tekanan tetap.

Setiap perubahan kimia yang melibatkan kalor selalu disertai dengan pembebasan atau penyerapan energi.

Reaksi eksoterm yaitu reaksi yang membebaskan kalor ($\Delta H = -$).

Reaksi endoterm yaitu reaksi yang menyerap kalor ($\Delta H = +$).

Jumlah kalor yang diserap atau dibebaskan dapat dihitung dengan rumus; $q = m \times c \times \Delta t$

ΔH reaksi dapat ditentukan:

a. melalui eksperimen

b. Berdasarkan ΔH_f

$\Delta H_R = \Delta H_f$ (hasil reaksi) $-\Delta H_f$ pereaksi

c. Berdasarkan Hukum Hess.

d. Berdasarkan energi ikatan

$\Delta H_R = \Sigma$ energi ikatan yang diputuskan $-\Sigma$ energi ikatan yang dibentuk

Perubahan entalpi reaksi hanya bergantung kepada keadaan awal dan keadaan akhir reaksi dan tidak bergantung pada tahap reaksi

sistem adalah suatu yang menjadi pusat perhatian dan yang lainnya disebut lingkungan. Sistem ditambah lingkungan disebut alam semesta. Ada tiga macam sistem, yaitu sistem terbuka, tertutup, dan tersekat.



Entalpi merupakan fungsi keadaan, yakni hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir, tidak bergantung proses reaksi.

Sistem adalah sesuatu yang didefinisikan sebagai pusat kajian, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu selain sistem. Sistem dan lingkungan dinamakan semesta.

Jika reaksi kimia melepaskan kalor dinamakan reaksi eksoterm, sedangkan jika reaksi yang menyerap kalor dikatakan reaksi endoterm.

Kalor adalah bentuk energi yang dapat pindah dari sistem ke lingkungan, atau sebaliknya..

Suatu sistem mempunyai energi dalam (U), yaitu energi total yang dikandungnya dalam bentuk energi transisi, rotasi, vibrasi, dan elektronik. Jika sistem menerima sejumlah kalor, maka sebagian diubah menjadi kerja dan sisanya menambah energi dalam. Berdasarkan itu lahirlah hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa, energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan Pembelajaran ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4: STOIKIOMETRI 3 (PENERAPAN HUKUM DASAR KIMIA DAN KONSEP MOL DALAM PERHITUNGAN KIMIA)

Salah satu aspek penting dari reaksi kimia adalah hubungan kuantitatif antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia, baik sebagai pereaksi maupun sebagai hasil reaksi. Stoikiometri (*stoi-kee-ah-met-tree*) merupakan bidang dalam ilmu kimia yang menyangkut hubungan kuantitatif antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia, baik sebagai pereaksi maupun sebagai hasil reaksi. Stoikiometri juga menyangkut perbandingan atom antar unsur-unsur dalam suatu rumus kimia, misalnya perbandingan atom H dan atom O dalam molekul H₂O. Kata stoikiometri berasal dari bahasa Yunani yaitu **stoicheon** yang artinya unsur dan **metron** yang berarti mengukur. Seorang ahli kimia Perancis, *Jeremias Benjamin Richter* (1762-1807) adalah orang yang pertama kali meletakkan prinsip-prinsip dasar stoikiometri. Menurutnya stoikiometri adalah ilmu tentang pengukuran perbandingan kuantitatif atau pengukuran perbandingan antar unsur kimia yang satu dengan yang lain dinyatakan dalam hukum-hukum dasar kimia.

Salah satu alasannya, mengapa kita mempelajari ilmu kimia karena tidak dapat dipisahkan dari melakukan percobaan di laboratorium. Adakalanya di laboratorium kita harus mereaksikan sejumlah gram zat A untuk menghasilkan sejumlah gram zat B. Pertanyaan yang sering muncul adalah jika kita memiliki sejumlah gram zat A, berapa gramkah zat B yang akan dihasilkan? Untuk menjawab pertanyaan itu kita memerlukan stoikiometri.

Semua reaksi yang terjadi tergantung kepada jumlah zat yang terlibat di dalamnya, dengan stoikiometri dapat dihitung berapa banyak zat yang dibutuhkan dan juga dapat menghitung berapa banyak zat yang akan dihasilkan dari suatu reaksi. Stoikiometri erat kaitannya dengan perhitungan kimia. Untuk menyelesaikan soal-soal perhitungan kimia digunakan asas-asas stoikiometrii..



Materi Stoikiometri pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas X semester 2 SMA dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut :

KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) Aspek Pengetahuan: 3.11 Menerapkan konsep massa atom relatif dan massa molekul relatif, persamaan reaksi, hukum-hukum dasar kimia, dan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia. KD dari KI 4 aspek Keterampilan: 4.11 Mengolah dan menganalisis data terkait massa atom relatif dan massa molekul relatif, persamaan reaksi, hukum-hukum dasar kimia, dan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia Kompetensi guru pada diklat PKB tingkat 3 untuk materi ini adalah “Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel” dengan sub kompetensi “Memahami hukum-hukum dasar kimia dan penerapannya dalam perhitungan kimia”.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan peserta diklat dapat memahami pereaksi pembatas dalam suatu reaksi serta konsep mol, hukum dasar kimia dan persamaan reaksi untuk menyelesaikan perhitungan kimia.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. Menghubungkan konsep mol, hukum dasar kimia dan persamaan reaksi untuk menyelesaikan perhitungan kimia
2. Menghitung reaktan atau produk suatu reaksi berdasarkan konsep pereaksi pembatas

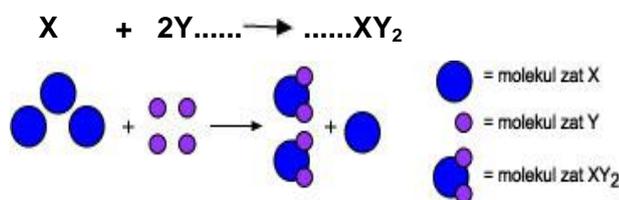
C. Uraian Materi

Pada modul C ini dibahas mengenai penerapan hukum dasar kimia dan konsep mol dalam perhitungan kimia.



1. Pereaksi Pembatas dan Hasil Reaksi

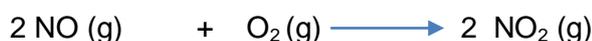
Jika kita mereaksikan zat-zat dengan jumlah sembarang dalam suatu reaksi kimia, sangat mungkin satu pereaksi habis terlebih dahulu sedangkan pereaksi yang lain tersisa. Karena tujuan reaksi adalah menghasilkan kuantitas maksimum senyawa yang berguna dari sejumlah tertentu material awal, sering kali satu reaktan dimasukkan dalam jumlah berlebih untuk menjamin bahwa reaktan yang lebih mahal seluruhnya diubah menjadi produk yang diinginkan. Konsekuensinya, beberapa reaktan akan tersisa pada akhir reaksi. Reaktan yang pertama kali habis digunakan pada reaksi kimia disebut pereaksi pembatas, karena jumlah maksimum produk yang terbentuk tergantung pada berapa banyak jumlah awal dari reaktan ini. Jika reaktan ini telah digunakan semua, tidak ada lagi produk yang dapat terbentuk. Pereaksi berlebih adalah pereaksi yang terdapat dalam jumlah lebih besar dari pada yang diperlukan untuk bereaksi dengan sejumlah tertentu pereaksi pembatas. Kita dapat memperkirakan jumlah maksimal produk yang akan dihasilkan berdasarkan perbandingan stoikiometri zat-zat dalam reaksi dan pereaksi pembatasnya. Perhatikan reaksi berikut :



Gambar 4.1. Pereaksi Pembatas

Reaksi di atas memperlihatkan bahwa menurut koefisien reaksi, 1 mol zat X membutuhkan 2 mol zat Y. Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa 3 molekul zat X direaksikan dengan 4 molekul zat Y. Setelah reaksi berlangsung, banyaknya molekul zat X yang bereaksi hanya 2 molekul dan 1 molekul yang tersisa, sedangkan 4 molekul zat Y habis bereaksi. Maka zat Y ini disebut pereaksi pembatas.

Perhatikan pembentukan nitrogen dioksida (NO_2) dari nitrogen oksida (NO) dan oksigen :





Jika awalnya kita mempunyai 8 mol NO dan 7 mol O₂, cara untuk menentukan yang mana dari kedua reaktan tersebut yang merupakan pereaksi pembatas yaitu dengan menghitung jumlah mol NO₂ yang terbentuk berdasarkan jumlah awal NO dan O₂. Kita ketahui bahwa hanya pereaksi pembatas yang akan menghasilkan produk dalam jumlah yang lebih kecil. Bila kita mulai mereaksikan 8 mol NO maka jumlah mol NO₂ yang terbentuk adalah :

$$8 \text{ mol NO} \times \frac{2 \text{ mol NO}_2}{2 \text{ mol NO}} = 8 \text{ mol NO}_2$$

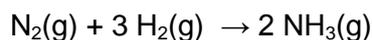
Dan bila yang direaksikan 7 mol O₂, kita dapatkan :

$$7 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol NO}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 14 \text{ mol NO}_2$$

Karena NO menghasilkan NO₂ dalam jumlah yang lebih kecil, pastilah NO yang merupakan pereaksi pembatas. Dalam perhitungan stoikiometri, tahap pertama adalah menentukan reaktan mana yang menjadi pereaksi pembatas. Setelah pereaksi pembatas ditentukan selanjutnya dapat dihitung untuk keperluan yang diinginkan.

2. Cara Menentukan Pereaksi Pembatas.

Penentuan pereaksi pembatas bergantung pada komposisi awal zat-zat dalam campuran. Sebagai contoh, kita mempunyai campuran yang terdiri dari 2 mol N₂ dan 5 mol H₂, dimana persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:

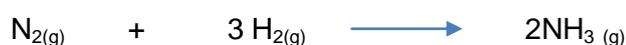


Dari persamaan reaksi di atas, untuk menghasilkan 2 mol NH₃, 1 mol N₂ memerlukan 3 mol H₂.

Jika 2 mol N₂ yang tersedia maka jumlah H₂ yang dibutuhkan sebanyak 6 mol, tetapi pada kenyataannya H₂ yang tersedia hanya 5 mol, sehingga N₂ akan habis terlebih dahulu dan menjadi pereaksi pembatas.

Contoh soal 1 :

Di industri, reaksi pembentukan amonia dari gas nitrogen dan hidrogen akan berlangsung lebih menguntungkan jika salah satu pereaksinya berlebih. Umpama 0,5 mol N₂ direaksikan dengan 2,5 mol H₂ menurut persamaan reaksi:





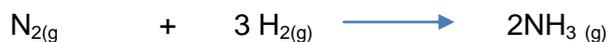
Secara stoikiometri,

- Tentukan pereaksi pembatasnya !
- Berapa mol amonia yang dapat terbentuk ?
- Tentukan pereaksi yang tersisa dan berapa mol jumlahnya !

Penyelesaian :

Langkah-langkah penyelesaian dalam menentukan pereaksi pembatas :

- Tulis persamaan reaksi
- Tersedia pereaksi 0,5 mol N_2 dan 2,5 mol H_2 dengan dua kondisi stoikiometri:



Kondisi 1

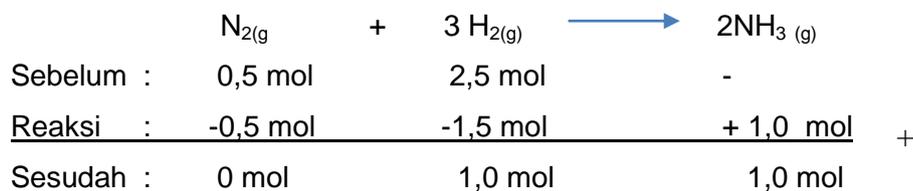
bila N_2 habis bereaksi : 0,5 mol ∞ 1,5 mol (mol H_2 yang tersedia mencukupi)

Kondisi 2

bila H_2 habis bereaksi : 2,5 mol ∞ 0,833 (mol N_2 yang tersedia tidak mencukupi)

Berdasarkan jumlah mol pereaksi awal, kondisi 1 yang memungkinkan.

- Perhitungan reaksi dari kondisi 1 dapat ditulis sebagai berikut :



- Pereaksi pembatas adalah N_2 karena habis bereaksi lebih dahulu
- Mol NH_3 yang terbentuk adalah 1,0 mol
- Pereaksi sisa adalah H_2 sebanyak 1,0 mol

Contoh Soal 2 :

Hitung berapa gram Kalsium Klorida ($CaCl_2$) maksimal yang dihasilkan jika sebanyak 20 gram Asam Klorida (HCl) dicampurkan dengan 30 gram Kalsium Hidroksida, ($Ca(OH)_2$) (kedua zat tersebut dilarutkan dalam air berlebih)!

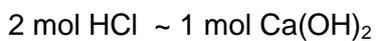
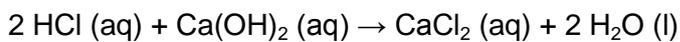
Uraian :



Kedua pereaksi pada contoh di atas diberikan dalam satuan massanya (gram), kita harus menentukan manakah dari kedua pereaksi tersebut yang merupakan pereaksi pembatas yaitu dengan cara memeriksanya satu persatu melalui perhitungan. Selanjutnya dengan menggunakan massa pereaksi pembatas untuk menghitung massa produk yang dihasilkan.

Penyelesaian :

Pertama-tama kita bekerja dengan pereaksi pertama yaitu HCl, dan menghitung berapa gram pereaksi kedua, Ca(OH)_2 , yang diperlukan untuk bereaksi dengan 20 gram HCl, jika diketahui massa molekul relatif HCl = 36,5 dan



Mr HCl = 36,5 dan $\text{Ca(OH)}_2 = 74$.

20 gram HCl memerlukan Ca(OH)_2 sebanyak :

$$\frac{1}{2} \times \frac{20}{36,5} \times 74 = 20,27 \text{ gram Ca(OH)}_2$$

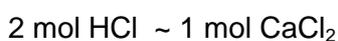
Dari perhitungan di atas kita mendapatkan bahwa Ca(OH)_2 lebih dari cukup untuk bereaksi dengan HCl secara sempurna. Dengan demikian, yang menjadi pereaksi pembatas adalah HCl.

Kita juga akan menghitung berapa gram HCl yang diperlukan jika Ca(OH)_2 yang digunakan sebanyak 30 gram.

$$\frac{2}{1} \times \frac{30}{74} \times 36,5 = 29,59 \text{ g HCl}$$

Massa Ca(OH)_2 yang diberikan, memerlukan lebih banyak HCl daripada yang tersedia sehingga HCl adalah sebagai pereaksi pembatas.

Selanjutnya kita dapat menghitung massa CaCl_2 yang dihasilkan dari massa HCl yang diketahui. Dari persamaan reaksi kita mengetahui bahwa:



maka banyaknya gram CaCl_2 (Mr=110) yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{2} \times \frac{20}{36,5} \times 110 = 30,14 \text{ gram CaCl}_2$$

Contoh soal 3:

Diketahui reaksi sebagai berikut

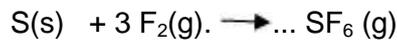


Jika direaksikan 2 mol S dengan 10 mol F_2



- Berapa mol kah SF_6 yang terbentuk?
- Zat mana dan berapa mol zat yang tersisa?

Penyelesaian :



Dari koefisien reaksi menunjukkan bahwa:

1 mol S membutuhkan 3 mol F_2

Kemungkinan yang terjadi

* Jika semua S bereaksi maka F_2 yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{mol F}_2 &= \frac{\text{koefisien F}_2}{\text{koefisien S}} \times 2 \text{ mol S} \\ \dots &= \frac{3}{1} \times 2 \text{ mol} \\ \dots &= 6 \text{ mol} \end{aligned}$$

Hal ini memungkinkan karena F_2 tersedia 10 mol.

* Jika semua F_2 habis bereaksi, maka S yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{mol S} &= \frac{\text{koefisien S}}{\text{koefisien F}_2} \times 10 \text{ mol F}_2 \\ \dots &= \frac{1}{3} \times 10 \text{ mol} \\ \dots &= 3,33 \text{ mol} \end{aligned}$$

Hal ini tidak mungkin terjadi, karena S yang tersedia hanya 2 mol.

Jadi yang bertindak sebagai pereaksi pembatas adalah S!

Banyaknya mol SF_2 yang terbentuk = x mol S

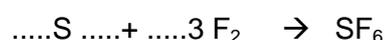
$$\text{a. mol SF}_6 = 1 \times 2 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$$

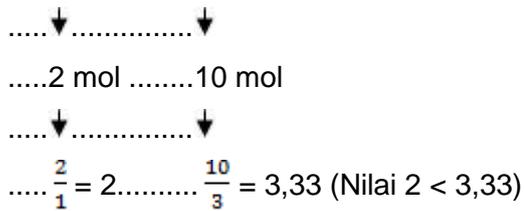
$$\begin{aligned} \text{b. zat yang tersisa adalah F}_2, \text{ sebanyak} &= 10 \text{ mol} - 6 \text{ mol} \\ &= 4 \text{ mol F}_2 \end{aligned}$$

Soal di atas dapat juga diselesaikan dengan:

- Setarakan reaksinya
- Semua pereaksi diubah menjadi mol
- Bagikan masing-masing mol zat dengan masing-masing koefisiennya.
- Nilai hasil bagi terkecil disebut pereaksi pembatas (diberi tanda atau lingkari)
- Cari mol zat yang ditanya.
- Ubah mol tersebut menjadi gram/liter/partikel sesuai pertanyaan.

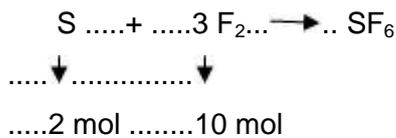
Penyelesaian:





Berarti zat pereaksi pembatas : S

Sehingga ditulis :



a. mol SF₆ = $\frac{\text{Koefisien SF}}{\text{Koefisien pereaksi pembatas}} \times 2 \text{ mol S}$
 = 1 x 2 mol = 2 mol

b. mol F₂ yang bereaksi = $\frac{\text{Koefisien F}}{\text{Koefisien S}} \times 2 \text{ mol S}$
 = $\frac{3}{1} \times 2 \text{ mol} = 6 \text{ mol}$

mol F₂ sisa = mol tersedia - mol yang bereaksi
 = 10 mol - 6 mol = 4 mol

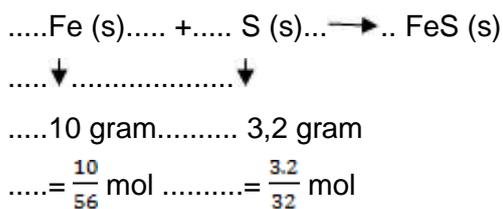
Contoh soal 4 :

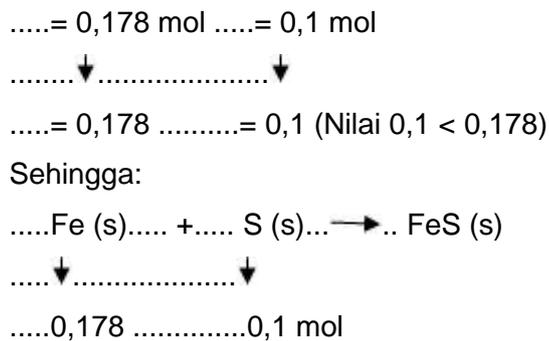
10 gram Fe dipanaskan dengan 3,2 gram S membentuk besi sulfida, menurut persamaan:



- Tentukan pereaksi pembatas
- Gram FeS yang terbentuk
- Massa zat yang tersisa
(Ar Fe = 56 ; S = 32)

Penyelesaian:





- Pereaksi pembatas S
- FeS yang terjadi = 0,1 mol
 $\text{g FeS} = 0,1 \times \text{Mr FeS} = 0,1 \times 88$
 $\dots \dots \dots = 8,8 \text{ gram}$
- Fe yang bereaksi = $x 0,1 = 0,1 \times 56$
 $\dots \dots \dots = 5,6 \text{ gram}$

 $\text{Fe sisa} = 10 - 5,6 \text{ gram} = 4,4 \text{ gram}$

3. Hasil Reaksi

Jumlah pereaksi pembatas yang ada pada awal reaksi menentukan hasil teoritis dari reaksi tersebut, yaitu jumlah produk yang akan terbentuk jika seluruh pereaksi pembatas terpakai pada reaksi. Jadi, hasil teoritis adalah hasil maksimum yang didapat, seperti yang diprediksi dari persamaan yang setara. Pada praktiknya, jumlah produk yang didapat hampir selalu lebih kecil daripada hasil teoritis. Oleh karena itu, para kimiawan mendefinisikan hasil sebenarnya sebagai jumlah produk sebenarnya yang dihasilkan dari suatu reaksi. Ada berbagai alasan mengapa terjadi perbedaan antara hasil yang sebenarnya dan hasil teoritis. Misalnya, banyak reaksi kimia yang reversible (dapat balik) sehingga tidak 100 persen terjadi dari kiri ke kanan. Bahkan jika reaksi terjadi 100 persen sempurna, sulit untuk mengambil semua produk dari medium reaksi (misalnya dari larutan air). Beberapa reaksi bersifat kompleks, dalam arti produk-produk yang terbentuk mungkin dapat bereaksi lebih lanjut



antara produk-produk tersebut atau dengan reaktan membentuk produk lain. Reaksi tambahan ini akan mengurangi hasil dari reaksi pertama.

Untuk menentukan efisiensi dari suatu reaksi, kimiawan seringkali menggunakan persen hasil yang dapat dijabarkan sebagai perbandingan hasil sebenarnya terhadap hasil teoritis, dan dihitung sebagai berikut :

$$\% \text{ hasil} = \frac{\text{hasil sebenarnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100\%$$

Persen hasil dapat berada antara 1 persen sampai 100 persen. Kimiawan berusaha untuk memaksimalkan persen hasil dari produk dalam suatu reaksi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi persen hasil dari suatu reaksi adalah suhu dan tekanan.

Contoh soal 5 :

Titanium adalah logam yang kuat, ringan, dan tahan terhadap korosi, digunakan dalam pembuatan roket, pesawat, mesin jet, dan rangka sepeda. Logam ini diperoleh dari reaksi antaratitanium (IV) klorida dengan magnesium cair pada suhu antara 950°C dan 1150°C.



Dalam suatu operasi industri, $3,54 \times 10^7$ g TiCl_4 direaksikan dengan $1,13 \times 10^7$ g Mg. Maka :

- Hitunglah hasil teoritis dari Ti dalam gram
- Hitunglah persen hasil jika ternyata didapatkan $7,91 \times 10^6$ g Ti.

Penyelesaian :

Kita harus menentukan reaktan mana yang merupakan pereaksi pembatas.

- Pertama kita hitung jumlah mol TiCl_4 dan Mg yang ada :

$$\text{Mol TiCl}_4 = 3,54 \times 10^7 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{1 \text{ mol TiCl}_4}{189,7 \text{ g TiCl}_4} = 1,87 \times 10^5 \text{ mol TiCl}_4$$

$$\text{Mol Mg} = 1,13 \times 10^7 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24,31 \text{ g Mg}} = 4,65 \times 10^5 \text{ mol Mg}$$

Kemudian kita harus menentukan reaktan mana yang menjadi pereaksi pembatas. Dari persamaan reaksi yang setara kita dapat lihat bahwa 1 mol $\text{TiCl}_4 \propto 1$ mol Ti dan 2 mol Mg $\propto 1$ mol Ti, karena itu jumlah Ti yang dihasilkan dari kedua reaktan ini adalah :

$$1,87 \times 10^5 \text{ mol TiCl}_4 \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{1 \text{ mol TiCl}_4} = 1,87 \times 10^5 \text{ mol Ti}$$



dan

$$4,65 \times 10^5 \text{ mol Mg} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{2 \text{ mol Mg}} = 2,33 \times 10^5 \text{ mol Ti}$$

Jadi, TiCl_4 adalah pereaksi pembatas karena menghasilkan Ti dalam jumlah yang lebih kecil. Massa teoritis dari Ti yang terbentuk adalah :

$$1,87 \times 10^5 \text{ mol Ti} \times \frac{47,88 \text{ g Ti}}{1 \text{ mol Ti}} = 8,95 \times 10^6 \text{ g Ti}$$

b. Untuk mencari persen hasil kita tulis :

$$\begin{aligned} \% \text{ hasil} &= \frac{\text{hasil sebenarnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{7,91 \times 10^5 \text{ g}}{8,95 \times 10^6 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 88,4\% \end{aligned}$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi Stoikiometri 3 (penerapan hukum dasar kimia dan konsep mol dalam perhitungan kimia). Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.



PENENTUAN PERBANDINGAN JUMLAH MOL PEREAKSI

I. Pendahuluan

Jika dalam suatu reaksi, salah satu zat dibuat berlebih maka zat yang lain suatu saat akan habis bereaksi. Zat yang habis bereaksi itulah yang sering disebut pereaksi pembatas.

II. Tujuan

Menentukan perbandingan jumlah mol pereaksi

III. Alat dan Bahan

1. Tabung Reaksi yang sama bentuk dan ukurannya (5 buah)
2. Rak tabung reaksi
3. Silinder Ukur 10 mL
4. Pipet tetes
5. Larutan Timbal Nitrat 1 M
6. Larutan Kalium Iodida 1 M

IV. Cara Kerja

1. Sediakan 5 tabung reaksi, A, B, C, D dan E. Masukkan 5 mL larutan KI 1 M ke dalam masing-masing tabung itu. Dengan menggunakan silinder ukur dan pipet tetes, tambahkan larutan timbal nitrat, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, yang volumenya seperti tercantum dalam tabel.
2. Guncangkan masing-masing tabung, kemudian biarkan endapan turun. Jika perlu semprot dinding tabung dengan sedikit air.
3. Sesudah 10 menit, ukurlah tinggi endapan.
4. Buatlah grafik tinggi endapan terhadap volume larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

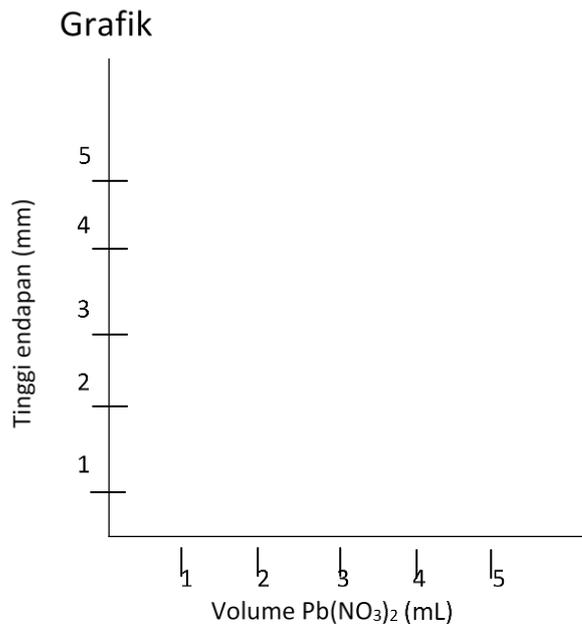
V. Pengamatan

Volume larutan dan tinggi endapan.

Tabung	A	B	C	D	E
Volume $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1 M (mL)	1	2	3	4	5
Volume KI (mL)	5	5	5	5	5
Tinggi endapan (mm)					



PENENTUAN PERBANDINGAN JUMLAH MOL PEREAKSI



VI. Pertanyaan :

1. Dalam tabung-tabung manakah semua kalium iodida bereaksi ?
2. Dalam tabung-tabung manakah hanya sebagian kalium iodida bereaksi ?
3. Berapakah volume larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1 M yang diperlukan agar tepat semua kalium iodida bereaksi ?
4. Bagaimana perbandingan jumlah mol timbal nitrat dan kalium iodida yang bereaksi ?



E. Latihan/Kasus/Tugas

SOAL PILIHAN GANDA :

1. Pada suatu bejana direaksikan 100 ml KI 0,1 M dengan 100 ml $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M menurut reaksi: (Ar K = 39; I = 127; Pb = 207; N= 14; O=16)
$$2 \text{KI}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{PbI}_2(\text{s}) + 2\text{KNO}_3(\text{aq}).$$

Pernyataan yang sesuai untuk reaksi di atas adalah ...

 - A. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ merupakan pereaksi batas
 - B. KI merupakan pereaksi batas
 - C. Bersisa 1,65 gram KI
 - D. Bersisa 0,65 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
2. Diberikan reaksi antara asam sulfat dan natrium hidroksida sebagai berikut : $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Jika 20 gram H_2SO_4 dan 20 gram NaOH direaksikan, maka banyak nya Na_2SO_4 yang akan dihasilkan adalah....

 - A. 29,98 gram
 - B. 26, 98 gram
 - C. 27,96 gram
 - D. 28, 96 gram
3. 22,4 L gas SO_2 direaksikan deangan 33,6 L gas O_2 (STP) membentuk gas SO_3 . Banyaknya SO_3 yang terjadi adalah (Ar S = 32 ; O = 16)
 - A. 40 gram
 - B. 60 gram
 - C. 80 gram
 - D. 100 gram



4. Bila kumbang menyengat korbannya, kumbang akan menyalurkan sekitar 1 mg (1×10^{-6} g) isopentil asetat $C_7H_{14}O_2$. Senyawa ini adalah komponen fragrant pisang, dan berperan sebagai materi pentransfer informasi untuk memanggil kumbang lain. Jumlah molekul dalam molekul dalam 1 mg isopentil asetat adalah
- $4,6 \times 10^{15}$
 - 46×10^{15}
 - $7,68 \times 10^{-9}$
 - $76,8 \times 10^{-9}$
5. Sampel polutan dengan jumlah 10 cm^3 dilewatkan kepada air kapur sampai semua gas karbon dioksida membentuk endapan kalsium karbonat sebanyak 0,05 gram. Berapa prosen karbon dioksida di dalam sampel polutan jika pada saat diukur volum 1 mol gas adalah 24 dm^3 ?
- 0.03 %
 - 0.05 %
 - 0,12%
 - 0,30%

SOAL URAIAN :

1. Sodium hidroksida bereaksi dengan karbon dioksida sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan diatas :

- Pereaksi mana yang berfungsi sebagai pereaksi pembatas jika 1,85 mol NaOH direaksikan dengan 1,00 mol gas CO_2 ?
 - Berapa jumlah mol Na_2CO_3 yang dihasilkan ?
 - Berapa jumlah mol dari pereaksi berlebih yang tersisa pada akhir reaksi ?
2. Larutan asam sulfur dan timbal (II) asetat bereaksi membentuk endapan timbal (II) sulfida dan larutan asam asetat. Jika sebanyak 7,50 gram asam sulfur dan 7,50 gram timbal (II) asetat dicampurkan, Hitunglah berapa gram asam sulfur, timbal (II) asetat, timbal (II) sulfida



dan asam asetat yang ada dalam campuran tersebut setelah reaksi selesai ?

3. Penurunan jumlah ozon (O_3) di stratosfer telah menjadi perhatian para ilmuwan pada tahun-tahun belakangan ini. Para ilmuwan yakin bahwa ozon dapat bereaksi dengan nitrogen oksida (NO) yang dilepas dari pesawat jet. Reaksinya adalah :



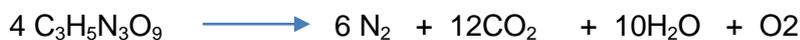
Jika sebanyak 0,740 gram O_3 bereaksi dengan 0,670 gram NO, maka :

- Berapa gram NO_2 yang akan terbentuk ?
 - Senyawa manakah yang menjadi pereaksi pembatasnya ?
 - Hitunglah jumlah mol dari pereaksi berlebih yang tersisa pada akhir reaksi ?
4. Hidrogen Fluorida digunakan pada pembuatan freon (yang menghancurkan ozon di stratosfer) dan logam aluminium. Senyawa ini dibuat dari reaksi :



Dalam satu proses, 6,00 kg CaF_2 bereaksi dengan H_2SO_4 berlebih dan menghasilkan 2,86 kg HF. Hitunglah persen hasil dari HF !

5. Nitrogliserin ($C_3H_5N_3O_9$) adalah peledak berkekuatan tinggi. Senyawa ini akan terurai menjadi :



Reaksi ini menghasilkan panas tinggi dan berbagai produk gas. Pembentukan mendadak bersama dengan pemuaihan yang cepat dari gas-gas inilah yang menimbulkan ledakan.

- Berapa gram maksimum O_2 yang dihasilkan dari 2.00×10^2 gram nitrogliserin ?
- Hitunglah persen hasil reaksi ini jika terbentuk 6,55 gram gas O_2 ?



F. Rangkuman

Jika kita mereaksikan zat-zat dengan jumlah sembarang dalam suatu reaksi kimia, sangat mungkin satu pereaksi habis terlebih dahulu sedangkan pereaksi yang lain. Reaktan yang pertama kali habis digunakan pada reaksi kimia disebut pereaksi pembatas, karena jumlah maksimum produk yang terbentuk tergantung pada berapa banyak jumlah awal dari reaktan ini.

Pereaksi berlebih adalah pereaksi yang terdapat dalam jumlah lebih besar dari pada yang diperlukan untuk bereaksi dengan sejumlah tertentu pereaksi pembatas. Kita dapat memperkirakan jumlah maksimal produk yang akan dihasilkan berdasarkan perbandingan stoikiometri zat-zat dalam reaksi dan pereaksi pembatasnya.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan tes formatif 1 ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Belajar selanjutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan belajar 3 ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 5: LAJU REAKSI DAN TEORI TUMBUKAN

Produk industri yang sangat diperlukan secara besar-besaran seperti pupuk harus diproduksi dalam waktu cepat karena harus selalu tersedia di pasaran untuk keperluan pertanian. Salah satu bahan dasar pembuatan pupuk adalah asam sulfat.



Gambar 5.1 Asam sulfat dan pupuk amonium sulfat

(Sumber: Google image)

Pembuatan asam sulfat dan beberapa senyawa lainnya kadang-kadang terlalu lambat untuk ukuran produksi barang. Maka kondisi reaksi tersebut harus diatur agar hasil reaksi menjadi lebih cepat.

Ukuran kecepatan pada reaksi-reaksi kimia dikenal dengan nama Laju Reaksi. Laju reaksi merupakan bagian dari kinetika kimia yang secara keseluruhan mempelajari pengertian laju reaksi, teori tumbukan (teori tabrakan), faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, persamaan laju reaksi, orde reaksi, mekanisme reaksi, energi aktivasi, dan katalis.

Materi laju reaksi merupakan materi kimia SMA, pada Kurikulum 2013 bahasan yang dipelajari di kelas XI semester 1 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) Aspek Pengetahuan: 3.6 Memahami teori tumbukan (tabrakan) untuk menjelaskan reaksi kimia dan 3.7 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan menentukan orde reaksi berdasarkan data hasil percobaan. KD dari KI 4 aspek Keterampilan: 4.6 Menyajikan hasil pemahaman terhadap teori tumbukan (tabrakan) untuk menjelaskan reaksi kimia dan 4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi



dan orde reaksi. Kompetensi guru pada diklat PKB Grade C untuk materi ini adalah “ 20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel”

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat memahami konsep laju reaksi melalui pengolahan data percobaan, konsep teori tumbukan yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia, menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan permasalahan konsep laju reaksi serta terampil melakukan percobaan konsep laju reaksi dengan teliti.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. menjelaskan konsep laju reaksi melalui interpretasi data percobaan
2. menentukan laju reaksi berdasarkan data percobaan
3. menjelaskan hubungan teori tumbukan dengan terjadinya reaksi kimia
4. menentukan tumbukan yang menimbulkan reaksi melalui gambar
5. menjelaskasikan mekanisme reaksi yang berkaitan dengan persamaan laju reaksi
6. menjelaskan hubungan fungsi kinerja katalis dengan laju reaksi

C. Uraian Materi

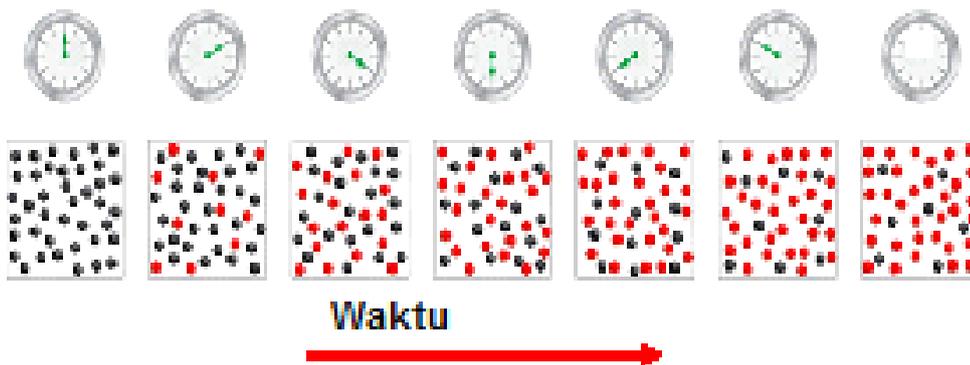
LAJU REAKSI

Laju Reaksi yang dibahas di SMA meliputi teori tumbukan, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, persamaan laju reaksi, orde reaksi, mekanisme reaksi, energi aktivasi, dan katalis. Pada materi diklat ini akan diuraikan konsep laju reaksi dan teori tumbukan yang menyebabkan terjadinya reaksi.



1. Konsep Laju Reaksi

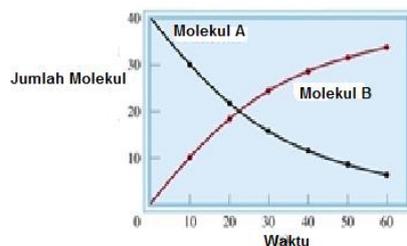
Di dalam reaksi kimia, terjadi perubahan pereaksi menjadi hasil reaksi. Laju dari perubahan zat disebut laju reaksi, ukuran jumlah perubahan zat yang terjadi dalam satuan waktu, misalnya per menit atau per detik. Untuk mempelajari laju reaksi perhatikan Gambar 5.2 yang menunjukkan perubahan molekul A menjadi B dalam waktu tertentu



Gambar 5.2 Perubahan molekul A menjadi B dalam waktu tertentu

(Sumber: Changs, *General Chemistry*)

Dari data gambar ini diplot ke dalam sebuah grafik antara jumlah molekul versus waktu seperti yang tertera pada gambar 3



Gambar 5.3 Grafik perubahan molekul A menjadi B dalam waktu tertentu

(Sumber: Changs, *General Chemistry*)

Dari percobaan ini, laju reaksi ditentukan dengan dua cara yaitu dengan mengukur:

- jumlah molekul A yang berkurang per satuan waktu, atau dari
- jumlah molekul B yang bertambah per satuan waktu.



Secara sederhana di laboratorium, laju reaksi dapat diukur dengan cara seperti di atas yaitu dengan cara menentukan jumlah pereaksi yang digunakan atau bereaksi per satuan waktu, atau dari jumlah hasil reaksi yang terbentuk per satuan waktu. Sebagai contoh, yakni pada reaksi antara logam magnesium dan asam klorida dengan persamaan



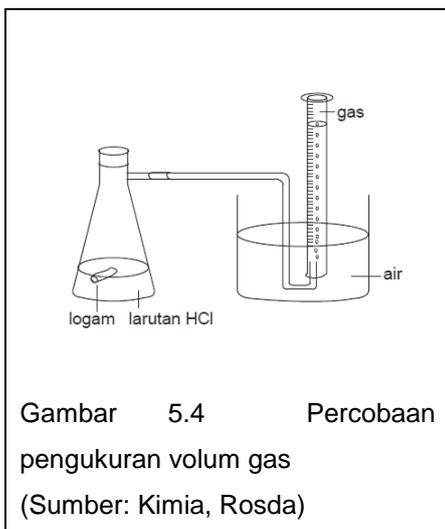
Laju reaksi dapat ditentukan dengan mengukur jumlah magnesium (Mg) atau asam klorida (HCl) yang digunakan dalam waktu tertentu atau jumlah magnesium klorida (MgCl₂) atau gas hidrogen (H₂) yang terbentuk dalam waktu tertentu.

Bagaimana cara mengukur jumlah pereaksi atau hasil reaksi dalam suatu reaksi?

Dalam beberapa reaksi, pereaksi dan hasil reaksi kadang-kadang dalam keadaan bercampur dengan wujud yang sama misalnya larutan dengan larutan. Untuk memisahkan kedua komponen tersebut cukup sulit. Oleh karena itu, pengukuran laju reaksi akan lebih mudah dilakukan pada reaksi dengan wujud hasil reaksi berbeda dengan pereaksinya. Pengukuran laju reaksi yang menghasilkan gas seperti pada contoh di atas dapat dilakukan dengan mengukur volum gas yang terjadi dalam waktu yang ditentukan atau mengukur massa campuran pereaksi dan hasil reaksi setelah beberapa waktu yang ditentukan. Berikut ini contoh percobaan dan cara mengolah data penentuan laju reaksi.

a. Menentukan Laju Reaksi dengan Mengukur Perubahan Volum

Percobaan untuk penentuan laju reaksi berdasarkan perubahan volum gas yang dihasilkan misalnya hasil reaksi dari beberapa logam dengan asam dapat dilakukan dengan cara seperti gambar berikut



Gambar 5.4 Percobaan pengukuran volum gas (Sumber: Kimia, Rosda)

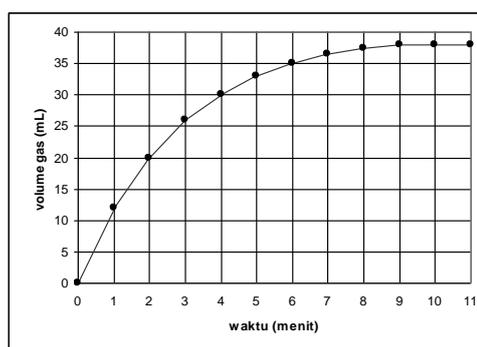
Pada percobaan ini dapat digunakan labu erlenmeyer yang dihubungkan dengan pipa penyalur dan gelas kimia yang diisi air dirangkai seperti pada gambar 3. Larutan asam dan logam ditempatkan pada labu erlenmeyer. Gas hidrogen dialirkan ke gelas kimia yang terbalik dan berisi penuh dengan air. Volume gas hidrogen diukur dalam skala waktu yang ditentukan.

Misalnya dari hasil pengukuran volum gas yang terbentuk dari reaksi asam dan logam seperti data pada berikut:

Tabel 5.1 Data pengukuran volum

Waktu (menit)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Volum Gas (mL)	0	12	20	26	30	33	35	36.5	37.5	38	38	38

Selanjutnya data pada tabel tersebut dituangkan dalam bentuk grafik volum gas yang dihasilkan terhadap waktu (menit) yang diperoleh sebagai berikut.



Gambar 5.5 Grafik volum gas yang dihasilkan terhadap waktu

Dari data percobaan dapat dilihat bahwa reaksi mula-mula berlangsung sangat cepat. Pada menit pertama gas yang dihasilkan 12 mL dalam satu menit. Dari menit ke 4 ke menit ke 5 hanya dihasilkan 3 mL dan setelah 9 menit tidak ada lagi gas yang dihasilkan. artinya reaksi telah selesai.



Untuk menentukan laju reaksinya diambil dari kemiringan (gradien) kurva pada waktu-waktu tertentu dan menggambarkan tangens pada kurva. Langkah-langkahnya yaitu :

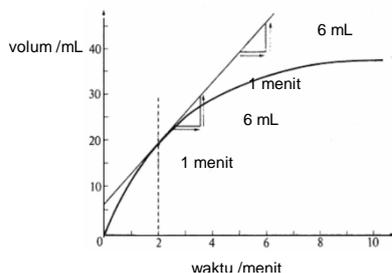
- 1) Buat garis singgung pada grafik di titik yang menunjukkan waktu 2 menit
- 2) Di salah satu titik singgung, tarik garis sejajar x dan sejajar y sehingga terbentuk segitiga kecil.
- 3) Ukur perubahan jarak vertikal garis singgung pada kurva tsb dan perubahan jarak horisontal.

Hitung kemiringan (gradien) dengan rumus:

$$\text{gradien} = \frac{\text{perubahan jarak vertikal}}{\text{perubahan jarak horisontal}}$$

Hasilnya ditunjukkan pada gambar berikut

ha



Pada gambar grafik,

perubahan jarak vertikal = perubahan volum. dan

perubahan jarak horisontal = perubahan waktu

$$\text{Jadi, gradien} = \frac{6\text{mL}}{1\text{menit}} = 6\text{mL per menit}$$

Gradien merupakan laju reaksi pada saat 2 menit, oleh karena itu laju reaksi pada percobaan di atas adalah 6 mL per menit. Artinya, setiap 1 menit dihasilkan 6 mL hidrogen.

b. Menentukan Laju Reaksi melalui Perubahan Massa

Metode ini cocok untuk reaksi yang menghasilkan gas dengan massa cukup tinggi seperti CO_2 , misalnya pada reaksi antara CaCO_3 dengan HCl .

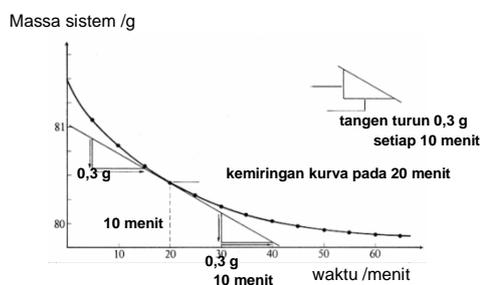


Pada percobaan ini digunakan alat-alat seperti pada gambar berikut



<p>Gambar 5.6 Percobaan laju reaksi</p>	<p>Pada percobaan ini peralatan dan zat yang direaksikan diletakkan pada timbangan digital. Setiap menit dicatat massanya. Gas hasil reaksi akan keluar sehingga massa sistem setiap waktu akan berkurang.</p>
---	--

Hasil pengukuran laju reaksi melalui perubahan massa tertera pada gambar



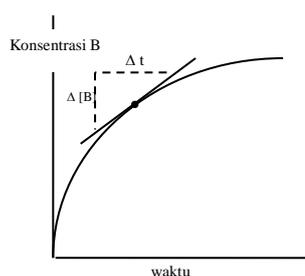
Gradien garis singgung pada waktu

tersebut adalah

$$\text{gradien} = \frac{0,3 \text{ gram}}{10 \text{ menit}} = \frac{0,03 \text{ gram}}{1 \text{ menit}}$$

∴ Laju reaksi = 0.03 gram CO₂ yang dihasilkan per menit

Umumnya percobaan pengukuran laju reaksi dengan mengukur perubahan konsentrasi dalam setiap waktu, oleh karena itu penentuan laju reaksi dapat diolah dari grafik seperti berikut.



Pada grafik tersebut dapat dihitung gradien dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{laju pembentukan B} &= \frac{\text{perubahan jarak vertikal}}{\text{perubahan jarak horisontal}} \\ &= \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\text{perubahan konsentrasi B}}{\text{perubahan waktu}} \end{aligned}$$

Berdasarkan percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa laju reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi per satuan waktu.

Laju reaksi dapat dirumuskan sebagai $r =$ laju reaksi

berikut. $r = \frac{\text{perubahan konsentrasi}}{\text{perubahan waktu}} = \frac{\Delta C}{\Delta t}$

$\Delta C =$ perubahan konsentrasi

$\Delta t =$ perubahan waktu



Untuk perubahan konsentrasi pereaksi $r = \frac{-\Delta C}{\Delta t}$

Untuk perubahan konsentrasi hasil reaksi $r = \frac{+\Delta C}{\Delta t}$

Satuan untuk laju reaksi adalah mol Liter⁻¹ per sekon⁻¹ atau M sekon⁻¹

Contoh Soal dan Pemecahannya

- 1). Pada temperatur 35°C senyawa AB terurai menjadi A dan B. Konsentrasi AB mula-mula 0,5 mol L⁻¹, dan setelah 20 detik tinggal 0,2 mol L⁻¹. Tentukan laju reaksi rata-rata selama 20 detik pertama!

Jawab.



$$\begin{aligned} \text{Berkurangnya konsentrasi AB} &= \Delta [AB] \\ &= (0,20 - 0,50) \text{ mol L}^{-1} \\ &= -0,30 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta t = (20 - 0) = 20 \text{ s}$$

$$\text{Laju reaksi} = -\frac{\Delta[AB]}{\Delta t} = -\frac{-0,30 \text{ mol L}^{-1}}{0,20 \text{ s}} = 1,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

- 2). Pada reaksi : $A + 2B \longrightarrow 3C + 2D$

Misalkan mula-mula $[A] = 0,4658 \text{ M}$, dan setelah 125 detik $[A] = 0,4282 \text{ M}$

- Berapa rata-rata laju reaksi dalam M s⁻¹ selama perubahan waktu?
- Berapa laju pembentukan C dalam M menit⁻¹?

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{a. Laju reaksi} &= \text{laju dari berkurangnya A} = -\frac{[A]_2 - [A]_1}{\Delta t} \\ &= -\frac{0,4282 \text{ M} - 0,4658 \text{ M}}{125 \text{ s}} = 3,01 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1} \end{aligned}$$



b. 1 mol A ~ 3 mol C

$$\begin{aligned} \text{Laju pembentukan C} &= 3,01 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1} \times \frac{3 \text{ mol C}}{1 \text{ mol A}} \\ &= 9,03 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju pembentukan C dalam M menit}^{-1} &= 9,03 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}} \\ &= 5,42 \times 10^{-4} \text{ M menit}^{-1} \end{aligned}$$

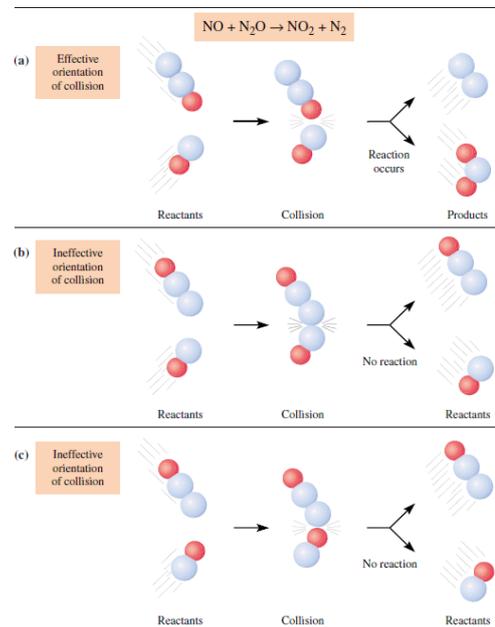
2. Teori Tumbukan

Mengapa kenaikan temperatur, penambahan luas permukaan, peningkatan konsentrasi, dan penambahan katalis dapat mempengaruhi laju reaksi? Salah satu teori yang dapat menjelaskannya dikenal dengan nama “teori tumbukan”. Bagaimana teori tumbukan menjelaskan laju reaksi?

a. Hubungan Teori Tumbukan dengan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Gagasan mendasar dari teori tumbukan adalah bahwa untuk terjadinya reaksi, molekul, atom, atau ion harus terlebih dahulu bertumbukan. Namun, tidak semua tumbukan efektif menghasilkan reaksi. Untuk tumbukan yang efektif, reaktan harus memiliki energi minimum tertentu yang diperlukan untuk mengatur kembali ikatan yang diputuskan dan membentuk ikatan yang baru, serta memiliki orientasi yang tepat terhadap satu sama lain pada saat tumbukan. Tumbukan reaktan tergantung pula pada jarak dimana mereka dapat berinteraksi satu sama lain. Kemungkinan tumbukan antara molekul NO dan N₂O, yang bereaksi membentuk NO₂ dan N₂ dengan persamaan reaksi





Gambar 5. 7 Kemungkinan tumbukan antara molekul NO dan N₂O

Hanya gambar a yang menghasilkan tumbukan efektif atau yang berhasil. Coba jelaskan mengapa?

Bagaimana teori tumbukan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi? Perhatikan Tabel berikut

Tabel 1. Hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dengan teori tumbukan

Fakta	Uraian Teori
Peningkatan konsentrasi pereaksi dapat mempercepat laju reaksi.	Peningkatan konsentrasi artinya jumlah partikel akan bertambah pada volum tersebut dan menyebabkan tumbukan antarpartikel lebih sering terjadi. Banyaknya tumbukan memungkinkan tumbukan yang berhasil akan bertambah sehingga laju reaksi meningkat.
Peningkatan temperatur dapat mempercepat laju reaksi.	Temperatur suatu sistem adalah ukuran rata-rata energi kinetik dari partikel-partikel pada sistem tersebut. Jika temperatur naik, maka energi kinetik partikel-partikel akan bertambah, sehingga



	kemungkinan terjadi tumbukan yang berhasil akan bertambah dan laju reaksi meningkat.
Penambahan luas permukaan bidang sentuh akan mempercepat laju reaksi.	Makin besar luas permukaan, tumbukan makin banyak, karena makin banyak bagian permukaan yang bersentuhan sehingga laju reaksi makin cepat.
Katalis dapat mempercepat reaksi.	Katalis dapat menurunkan jumlah energi yang diperlukan untuk tumbukan yang berhasil sehingga laju reaksi makin cepat.

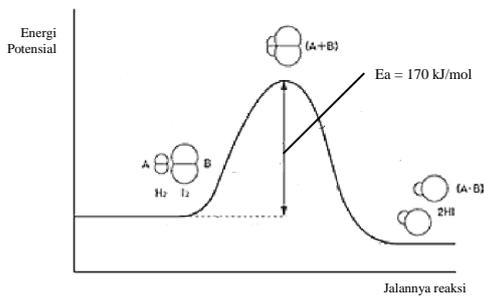
Berdasarkan teori tumbukan, suatu tumbukan akan menghasilkan suatu reaksi jika ada energi yang cukup. Selain energi, arah tumbukan juga berpengaruh. Laju reaksi akan lebih cepat, jika tumbukan antara partikel yang berhasil lebih banyak terjadi.

b. Energi Aktivasi, Mekanisme reaksi dan Katalis

Laju reaksi dipengaruhi oleh energi aktivasi dan katalis yang digunakan pada reaksi tersebut. Apa yang dimaksud dengan energi aktivasi dan bagaimana kerja katalis pada reaksi?

1) Energi Aktivasi

Pada kenyataannya, molekul-molekul dapat bereaksi jika terdapat tumbukan dan molekul-molekul mempunyai energi minimum untuk bereaksi. Energi minimum yang diperlukan untuk bereaksi pada saat molekul bertumbukan disebut energi aktivasi. Energi aktivasi digunakan untuk memutuskan ikatan-ikatan pada pereaksi sehingga dapat membentuk ikatan baru pada hasil reaksi. Misalnya energi aktivasi pada reaksi hidrogen dan iodium dengan persamaan reaksi: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$, digambarkan dalam grafik berikut

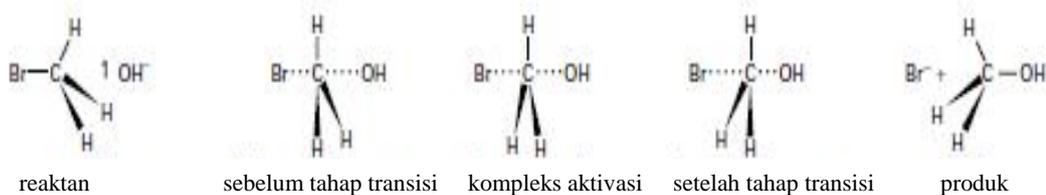


Gambar 5.8 Energi aktivasi

Energi aktivasi untuk reaksi H_2 dan I_2 adalah 170 kJ per mol, maka tumbukan antara H_2 dan I_2 harus menyerap energi 170 kJ/mol yang digunakan untuk memutuskan ikatan H-H dan I-I serta membentuk ikatan HI. Pada saat terbentuk Hidari H_2 dan I_2 ada energi yang dilepaskan sehingga reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm.

Suatu reaksi dapat terjadi bukan hanya karena dapat melampaui energi aktivasi nya saja tetapi seperti yang telah diuraikan di awal, reaksi dapat terjadi jika arah tumbukan partikelnya tepat. Bagaimana gambaran terjadinya suatu reaksi dengan arah tumbukan yang tepat dan melampaui energi aktivasi ?

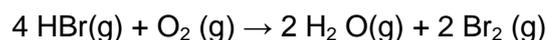
Perhatikan gambar reaksi antara $BrCH_3$ dan OH^- berikut ini



Gambar 5.9 Tahap-tahap reaksi

2) Mekanisme Reaksi

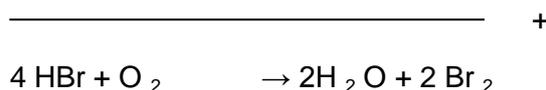
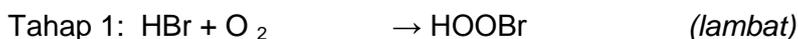
Dalam suatu reaksi kimia berlangsungnya suatu reaksi dari keadaan awal sampai keadaan akhir diperkirakan melalui beberapa tahap reaksi. Setiap tahap merupakan reaksi yang sederhana dan mempresentasikan jalannya reaksi keseluruhan pada tingkat molekul. Sebagai contoh mari kita lihat reaksi berikut



Pada reaksi tersebut terlihat bahwa setiap 1 molekul O_2 bereaksi dengan 4 molekul HBr. Suatu reaksi baru dapat berlangsung apabila ada tumbukan yang berhasil antara molekul-molekul yang bereaksi. Tumbukan sekaligus antara 4 molekul HBr dengan 1 molekul O_2 kecil sekali kemungkinannya untuk berhasil. Tumbukan yang mungkin berhasil adalah tumbukan antara 2 molekul yaitu 1



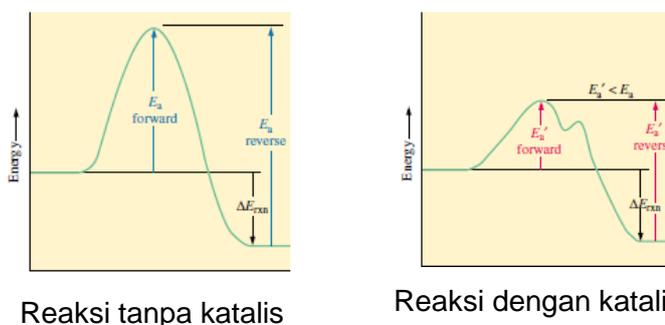
molekul HBr dengan 1 molekul O_2 . Hal ini berarti reaksi di atas harus berlangsung dalam beberapa tahap dan diperkirakan tahap-tahapnya adalah :



Dari contoh di atas ternyata secara eksperimen kecepatan berlangsungnya reaksi tersebut ditentukan oleh kecepatan reaksi pembentukan HOBr yaitu reaksi yang berlangsungnya *paling lambat*. Rangkaian tahap-tahap reaksi dalam suatu reaksi disebut “mekanisme reaksi” dan kecepatan berlangsungnya reaksi keseluruhan ditentukan oleh reaksi yang *paling lambat* dalam mekanisme reaksi. Oleh karena itu, tahap ini disebut *tahap penentu kecepatan reaksi*.

3) Katalis

Bagaimana kerja katalis sehingga dapat mempercepat reaksi? Perhatikan Gambar berikut.

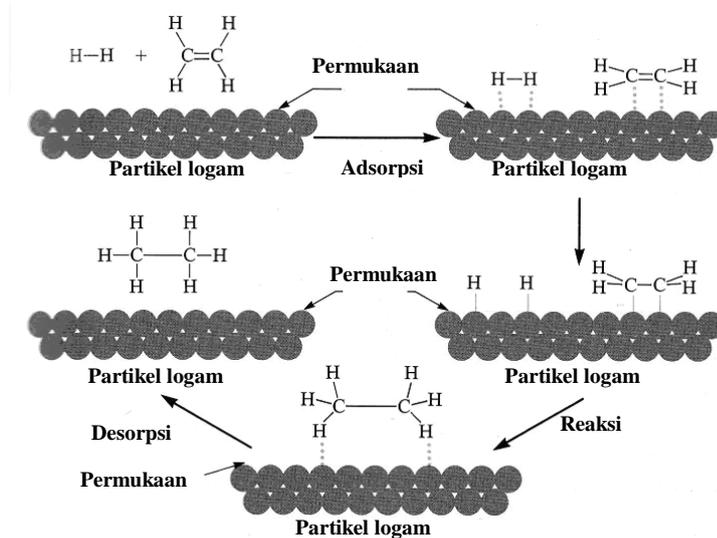


Gambar 5.10 Energi Potensial pada reaksi dengan katalis dan tanpa katalis

Pada Gambar, proses reaksi tanpa katalis digambarkan dengan satu puncak kurva yang tinggi sedangkan dengan katalis reaksi menjadi beberapa tahap dengan puncak kurva yang rendah sehingga energi aktivasi pada reaksi dengan katalis lebih rendah daripada energi aktivasi pada reaksi tanpa katalis. Berarti secara keseluruhan katalis dapat menurunkan energi aktivasi dengan cara mengubah jalannya reaksi atau mekanisme reaksi sehingga reaksi lebih cepat.



Kerja katalis pada suatu reaksi dapat anda pelajari melalui diagram reaksi adisi hidrogen terhadap etena dengan katalis nikel.



Gambar 5.11 Katalisis reaksi adisi hidrogen terhadap etena dengan katalis nikel

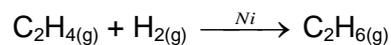
Berdasarkan fasenyanya, katalis terdiri atas katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen yaitu katalis yang mempunyai fase sama dengan fase zat pereaksi, sedangkan Katalis heterogen yaitu katalis yang mempunyai fase berbeda dengan fase zat pereaksi

Contoh katalis homogen :

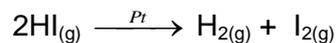
- Ion Fe^{3+} sebagai katalis pada reaksi oksidasi ion I^- dan $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$
- Gas NO sebagai katalis pada reaksi ozon dengan atom oksigen di udara.

Contoh katalis Heterogen :

- Pt atau Ni sebagai katalis reaksi adisi etena dengan gas H_2 .



- Pt sebagai katalis pada penguraian gas HI



Ada katalis yang dihasilkan dari reaksi yang sedang berlangsung yang disebut autokatalis. Contohnya pada reaksi kalium permanganat dan asam oksalat dalam suasana asam akan dihasilkan ion Mn^{2+} . Ion Mn^{2+} yang dihasilkan akan mempercepat reaksi tersebut, maka ion Mn^{2+} disebut autokatalis.

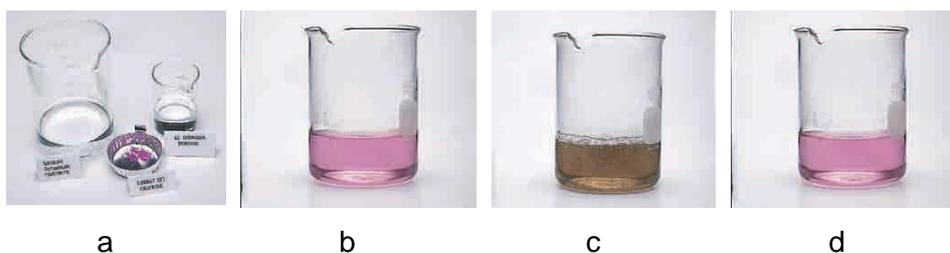


Contoh autokatalis lainnya yaitu atom klor yang berasal dari penguraian freon oleh sinar ultraviolet. Atom klor berupa radikal akan menguraikan ozon terus-menerus sehingga merusak lapisan ozon, akibatnya lapisan ozon berlubang.

Mengapa di dalam tubuh kita proses metabolisme dapat berlangsung sangat cepat? Semua ini merupakan kerja enzim-enzim yang disebut juga biokatalis. Enzim bekerja sebagai aktivator dengan cara menempel pada permukaan molekul zat-zat yang bereaksi dengan demikian mempercepat proses reaksi.

Ada percobaan yang menarik untuk menunjukkan senyawa kobalt(II) klorida sebagai katalisator pada penguraian H_2O_2 . Langkah-langkah percobaan: Siapkan H_2O_2 di dalam labu Erlenmeyer besar tambahkan kalium natrium tartrat panaskan sebentar. Amati apa yang terjadi! Kemudian tambahkan larutan $CoCl_2$, amati kembali apa yang terjadi?

Perhatikan gambar percobaan berikut.



Sumber: Lewis, *Thinking Chemistry*

Gambar 5.12 Perubahan pada penguraian H_2O_2 dengan kalium natrium tartrat

Keterangan gambar :

- Pada reaksi penguraian H_2O_2 dengan kalium natrium tartrat, mula-mula gelembung gas O_2 tidak kelihatan,
- Setelah ditetesi larutan kobal(II) klorida yang berwarna merah muda gelembung gas O_2 timbul dengan jumlah yang banyak. Pada reaksi tersebut, larutan kobal(II)klorida bertindak sebagai katalis.
- Warna yang terjadi pada proses penguraian H_2O_2 mula-mula warna larutan kobal (II) klorida dari merah muda menjadi kuning, kemudian hijau, dan akhirnya kembali menjadi merah muda.
- Warna akhir proses penguraian H_2O_2 kobal (II) klorida kembali menjadi merah muda

Berdasarkan percobaan ini, maka dapat disimpulkan katalis adalah zat yang dapat mempercepat suatu reaksi tanpa ikut bereaksi.



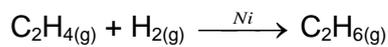
Berdasarkan fasenya, katalis terdiri atas katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen yaitu katalis yang mempunyai fase sama dengan fase zat pereaksi, sedangkan Katalis heterogen yaitu katalis yang mempunyai fase berbeda dengan fase zat pereaksi

Contoh katalis homogen :

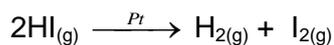
- a) Ion Fe^{3+} sebagai katalis pada reaksi oksidasi ion I^- dan $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$
- b) Gas NO sebagai katalis pada reaksi ozon dengan atom oksigen di udara.

Contoh katalis Heterogen :

- c) Pt atau Ni sebagai katalis reaksi adisi etena dengan gas H_2 .



- 3) Pt sebagai katalis pada penguraian gas HI



Ada katalis yang dihasilkan dari reaksi yang sedang berlangsung yang disebut autokatalis. Contohnya pada reaksi kalium permanganat dan asam oksalat dalam suasana asam akan menghasilkan ion Mn^{2+} . Ion Mn^{2+} yang dihasilkan akan mempercepat reaksi tersebut, maka ion Mn^{2+} disebut autokatalis.

Contoh autokatalis lainnya yaitu atom klor yang berasal dari penguraian Freon oleh sinar ultraviolet. Atom Klor radikal akan menguraikan ozon terus-menerus sehingga merusak lapisan ozon, akibatnya lapisan ozon berlubang.

Apa yang terjadi jika lapisan ozon berlubang?

Carilah informasi mekanisme reaksi pada freon sehingga menyebabkan lapisan ozon berlubang?

Mengapa di dalam tubuh kita proses metabolisme dapat berlangsung sangat cepat? Semua ini merupakan kerja enzim-enzim yang disebut juga biokatalis.

Enzim adalah polipeptida yang berfungsi sebagai katalis dalam suatu reaksi kimia. Enzim bekerja sebagai aktivator dengan cara menempel pada permukaan molekul zat-zat yang bereaksi dengan demikian mempercepat proses reaksi. Percepatan terjadi karena enzim menurunkan energi aktivasi yang dengan sendirinya akan mempermudah terjadinya reaksi.



Sebagian besar enzim bersifat spesifik, yang artinya setiap jenis enzim hanya dapat bekerja pada satu macam senyawa atau satu jenis reaksi kimia. Hal ini disebabkan perbedaan struktur kimia tiap enzim yang bersifat tetap. Sebagai contoh, enzim α -amilase hanya dapat digunakan pada proses perombakan pati atau amilum menjadi glukosa.

Hal-hwal yang berkaitan dengan enzim dipelajari dalam enzimologi. Dalam dunia pendidikan tinggi, enzimologi tidak dipelajari tersendiri sebagai satu jurusan tersendiri tetapi sejumlah program studi memberikan mata kuliah ini. Enzimologi terutama dipelajari di biologi, kedokteran, ilmu pangan, teknologi pengolahan pangan, dan cabang-cabang ilmu pertanian.

Kerja enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama adalah substrat, temperatur, keasaman, kofaktor, dan inhibitor. Tiap enzim memerlukan temperatur dan pH (tingkat keasaman) optimum yang berbeda-beda karena enzim adalah protein, yang dapat mengalami perubahan bentuk jika temperatur dan keasaman berubah. Di luar temperatur atau pH yang sesuai, enzim tidak dapat bekerja secara optimal atau strukturnya akan mengalami kerusakan. Hal ini akan menyebabkan enzim kehilangan fungsinya sama sekali. Kerja enzim juga dipengaruhi oleh kofaktor dan inhibitor.

Dewasa ini, enzim adalah senyawa yang umum digunakan dalam proses produksi. Enzim yang digunakan pada umumnya berasal dari enzim yang diisolasi dari bakteri. Penggunaan enzim dalam proses produksi dapat meningkatkan efisiensi yang kemudian akan meningkatkan jumlah produksi.

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep laju reaksi dan teori tumbukan Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen dan non eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan. Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah .



Lembar Kerja 1.

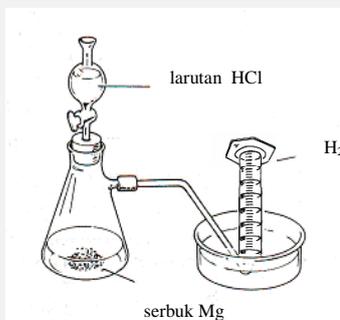
**PENENTUAN LAJU REAKSI BERDASARKAN PERUBAHAN
PRODUK REAKSI**

Pada eksperimen ini anda akan menentukan laju reaksi logam Mg dengan larutan asam klorida dengan cara mengukur volum gas hidrogen yang dihasilkan pada selang waktu tertentu

Alat dan Bahan

Alat-alat	Bahan
Labu Saring (<i>filter flask</i>)	Larutan HCl 1 M
Corong pisah	Logam Mg
Pipa Penyalur	Air
Gelas Ukur	
Sumbat	
Bejana air	
Stopwatch	

Langkah kegiatan



1. Rangkaikan alat seperti gambar di samping.
2. Masukkan larutan HCl 1M ke dalam corong pisah.
3. Masukkan kira-kira 10 cm logam Mg ke dalam labu saring.
4. Isi bejana dengan air.
5. Teteskan HCl dari corong pisah ke labu saring.
6. Tutup labu dengan rapat oleh sumbat sehingga gas yang terjadi akan keluar melewati pipa penyalur
7. Catat volum gas yang terjadi pada gelas ukur setiap 30 detik.

Kolom Pengamatan

Waktu (sekon)										
Volum H ₂ (mL)										

- a. Buat grafik antara volum gas yang dihasilkan dengan waktu!
- b. Tentukan laju reaksi rata-rata berdasarkan data hasil percobaan!



Lembar Kerja 2.

**PENENTUAN LAJU REAKSI BERDASARKAN PERUBAHAN MASSA
PEREAKSI**

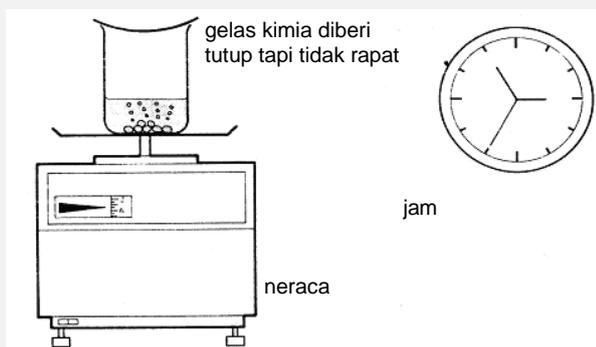
Pada eksperimen ini anda akan menentukan laju reaksi antara kalsium karbonat dengan larutan asam klorida dengan cara mengukur volum gas hidrogen yang dihasilkan pada selang waktu tertentu

Alat dan Bahan

- Gelas kimia
- Neraca Digital
- Kaca Arloji
- Stop Watch
- HCl 1 M
- Batu Pualam (CaCO_3)

Langkah kerja

1. Masukkan 100 mL HCl dke dalam gelas kimia, tutup gelas kimia dengan kaca aroli, kemudian timbang pada neraca digital.
2. Masukkan 5 gram batu pualam ke dalam gelas kimia yang diletakkan di atas neraca tutup kembali gelas kimia. Catat seluruhnya !
3. Amati gejala yang terjadi dan catat perubahan massa setiap 30 detik pada kolom berikut!



Waktu (sekon)											
Massa Sistem (gram)											

- a. Buat grafik antara volum gas yang dihasilkan dengan waktu!
- b. Tentukan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan!



Lembar Kerja 3 : ALTERNATIF LKS NON EKSPERIMEN

PENENTUAN LAJU REAKSI BERDASARKAN PERUBAHAN MASSA PEREAKSI

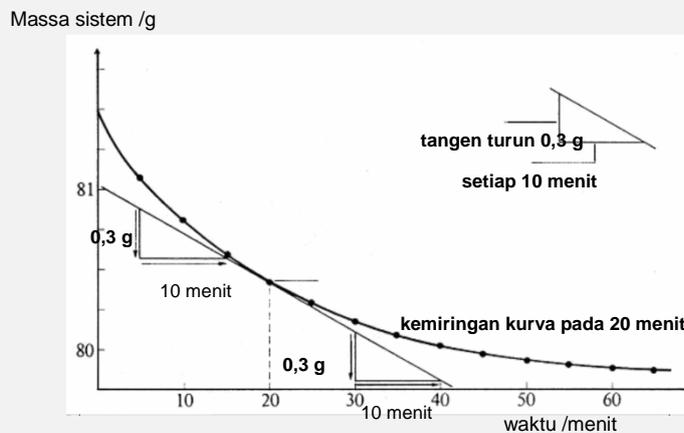
Interpretasi Data

Pada lembar kegiatan ini disajikan gambar cara mengukur perubahan massa pereaksi pada suatu reaksi untuk menentukan laju reaksi berikut data hasil percobaannya. Pelajari langkah-langkah kerja yang harus dilakukan serta jawablah pertanyaan-pertanyaan yang diberikan.

Langkah kerja:

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhatikan gambar percobaan pengukuran massa pereaksi pada reaksi antara batu pualam dengan larutan asam klorida berikut grafik hasil percobaannya ! 2. Pada percobaan ini peralatan dan zat yang direaksikan diletakkan pada timbangan digital.
--	--

3. Setiap menit dicatat massanya. Gas hasil reaksi akan keluar sehingga massa sistem setiap satu satuan waktu akan berkurang.



2. Amati perubahan massa setiap 10 menit pada grafik tersebut, hitung gradiennya.

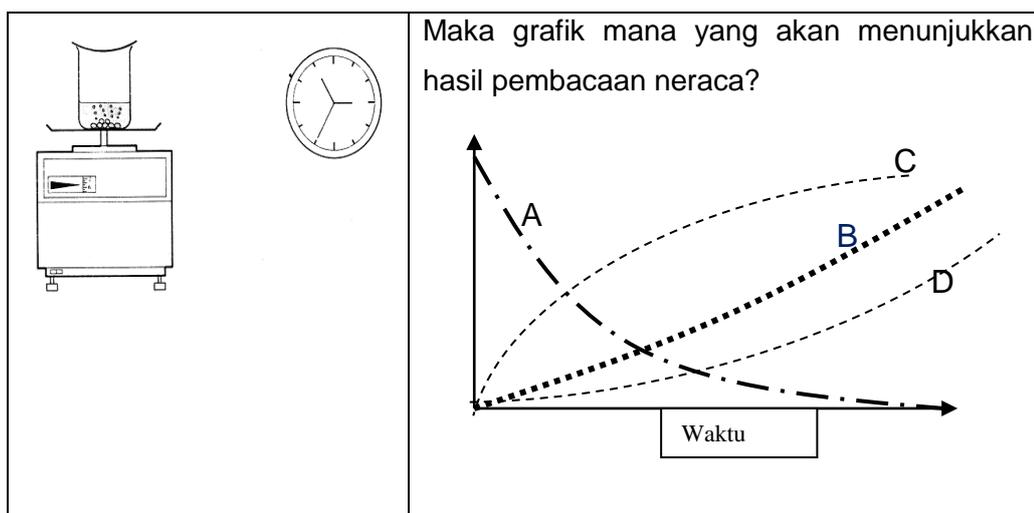
$$\text{gradien} = \frac{\dots\dots\dots\text{gram}}{\dots\dots\dots\text{menit}} = \frac{\dots\dots\dots\text{gram}}{\dots\dots\dots\text{menit}}$$
3. Jika gradient dianggap sebagai laju reaksi , berapa laju reaksi rata-rata tersebut?
4. Tulis persamaan reaksinya!



E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda

- Sebuah percobaan dilakukan seperti diagram di bawah ini dengan mencatat massa yang tertera pada neraca pada interval waktu tertentu.

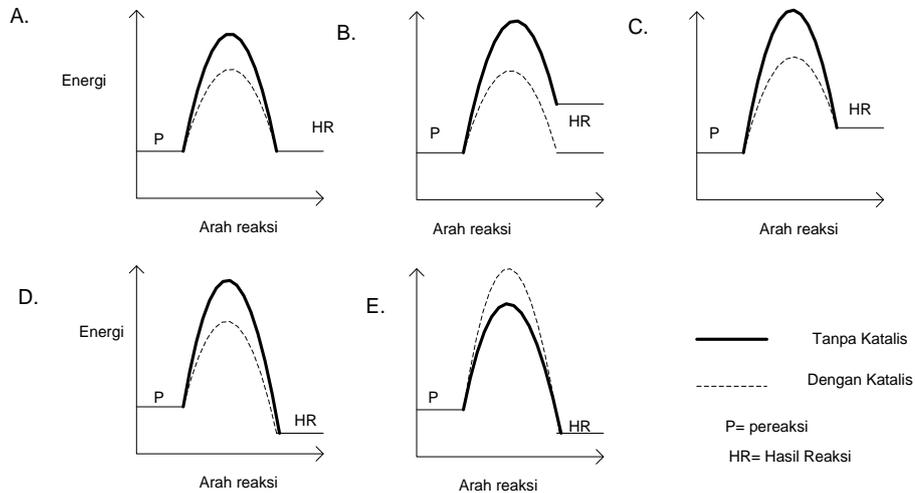


- Reaksi akan berlangsung 3 kali lebih cepat dari semula setiap kenaikan 20°C . Jika pada temperatur 30°C suatu reaksi berlangsung 3 menit, maka pada temperatur 70°C reaksi akan berlangsung selama
 - 60 detik
 - 30 detik
 - 20 detik
 - 10 detik
- Manakah pernyataan yang tidak benar tentang energi aktivasi dari suatu reaksi?
 - Secara umum energi aktivasi makin besar, laju reaksi semakin lambat.
 - Energi aktivasi dari arah reaktan ke produk maupun sebaliknya adalah sama.
 - Energi aktivasi merupakan energi minimum untuk terjadinya reaksi
 - Energi aktivasi digunakan dalam memutuskan ikatan molekul saat bereaksi
- Reaksi antara zat A dan zat B menghasilkan zat C dengan persamaan reaksi:





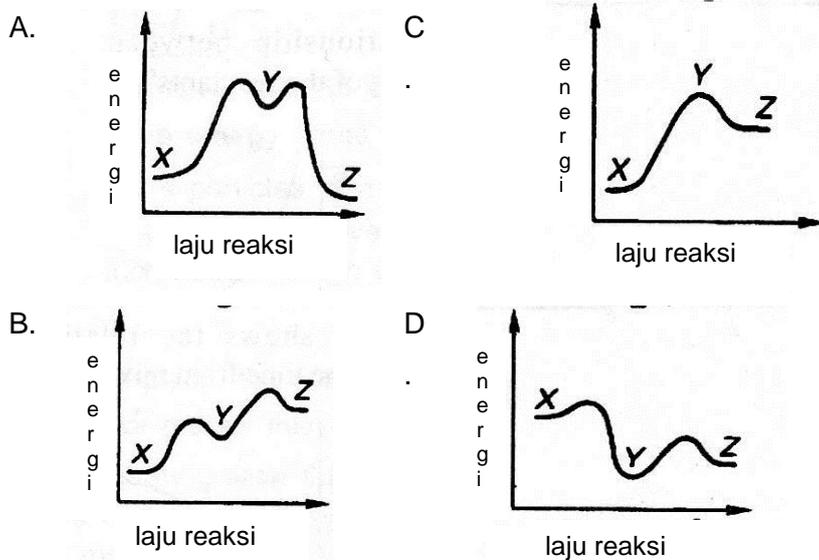
Tentukan grafik yang menunjukkan reaksi tanpa katalis dan reaksi dengan katalis diantara grafik berikut?



5. Pada keadaan terisolasi perubahan senyawa X menjadi senyawa Z berlangsung melalui pembentukan senyawa Y dahulu. Tahap reaksi yang terjadi adalah :



Berdasarkan data reaksi tersebut dapat digambarkan dengan grafik yang mana ?





6. Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi karena
- kenaikan suhu akan menyebabkan konsentrasi pereaksi meningkat
 - frekuensi tumbukan semakin tinggi
 - kenaikan suhu akan mengakibatkan turunnya energi aktivasi
 - energi kinetik partikel-partikel yang bereaksi semakin tinggi
7. Suatu katalis mempercepat reaksi dengan cara meningkatkan
- jumlah tumbukan molekul
 - energi kinetik molekul
 - energi aktivasi
 - jumlah molekul yang memiliki energi di atas energi aktivasi

Soal Uraian

- Jelaskan cara menentukan laju reaksi berdasarkan percobaan!
- Reaksi penguraian glukosa menghasilkan data:

Glukosa (mol ml⁻¹)	56	55,3	53,0	52,5
t (menit)	0	45	200	240

Tentukan harga laju reaksi tersebut!

- Pada reaksi : $A + 2B \longrightarrow 3C + 2D$
Misalkan mula-mula $[A] = 0,4658 \text{ M}$, dan setelah 125 detik $[A] = 0,4282 \text{ M}$
 - Berapa rata-rata laju reaksi dalam M s^{-1} selama perubahan waktu?
 - Berapa laju pembentukan C dalam M menit^{-1} ?

F. Rangkuman

Kinetika kimia mempelajari konsep laju reaksi, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, persamaan laju reaksi, orde reaksi, mekanisme reaksi, energi aktivasi, dan katalis. Reaksi berlangsung pada kecepatan yang berbeda-beda, ada yang berlangsung lambat dan ada yang cepat. Lambat cepatnya reaksi dapat dilihat dari harga laju reaksi.

Berdasarkan teori tumbukan, suatu tumbukan akan menghasilkan suatu reaksi jika ada energi yang cukup dan arah tumbukan yang tepat. Laju reaksi akan lebih cepat, jika tumbukan antara partikel yang berhasil lebih banyak, sedangkan tumbukan akan terjadi jika energi aktivasi reaksi tersebut dapat terlampaui.



Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk bereaksi pada saat molekul bertumbukan. Rangkaian tahap-tahap reaksi dalam suatu reaksi disebut “mekanisme reaksi” dan kecepatan berlangsungnya reaksi keseluruhan ditentukan oleh reaksi yang *paling lambat* dalam mekanisme reaksi.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan Pembelajaran ini.

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

I. KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

1. C
2. B
3. C
4. B
5. C
6. A
7. C
8. D

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

1. D
2. C
3. C
4. C
5. B
6. C
7. B
8. A
9. D
10. D

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

1. C
2. B
3. A
4. B
5. D

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

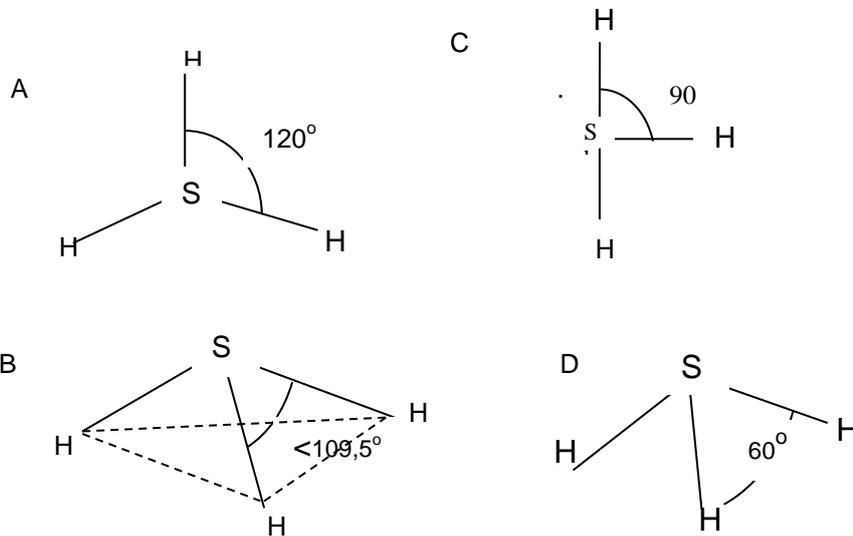
1. B
2. D
3. C
4. A
5. C

V. KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

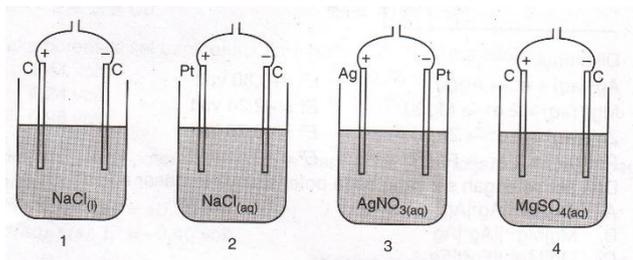
1. A
2. C
3. B
4. D
5. A
6. D
7. C

EVALUASI

1. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan tolak-menolak pasangan elektron kulit valensi yang mengelilingi atom pusat. Bila diketahui no atom unsur S = 16 dan F = 7, maka bentuk molekul yang dibentuk dari unsur S dan F adalah. . . .
 - A. piramida segiempat
 - B. tetrahedral
 - C. oktahedral
 - D. piramida trigonal
2. Pada XeF_4 terdapat 6 kelompok elektron yang mengelilingi Xe. Enam kelompok elektron tersebut terdiri dari
 - A. 5 PEI dan 1 PEB
 - B. 4 PEI dan 2 PEB
 - C. 3 PEI dan 3 PEB
 - D. 2 PEI dan 4 PEB
3. Stibine, SbH_3 merupakan molekul polar dari antimon yang terletak pada golongan V pada Tabel Periodik. Tentukan struktur molekul dari Stibine ?



4. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan teori tolak-menolak pasangan elektron kulit valensi yang mengelilingi atom pusat. Bila nomor atom P adalah 15, sedangkan Br adalah 35, maka bentuk molekul PBr_5 adalah
- A. tetrahedron
 - B. segitiga sama sisi
 - C. bipiramida trigonal
 - D. piramida trigonal
5. Perhatikan gambar berikut.

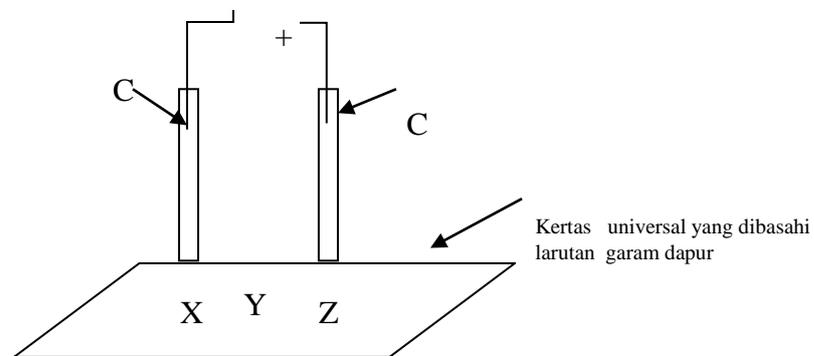


Pada keempat gambar elektrolisis di atas yang menghasilkan gas hidrogen adalah



- A. 2 dan 3
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 4
- D. 3 dan 4

6. Percobaan elektrolisis larutan dilakukan siswa secara langsung pada kertas indikator universal yang dibasahi larutan garam dapur. Seperti pada gambar dibawah ini.



Setelah beberapa menit dilakukan elektrolisis, Siswa mencatat data pengamatannya. Data warna yang benar disekitar titik X,Y dan Z pada kertas indikator universal tersebut?

	x	y	z
A	biru	kuning	merah
B	putih	kuning	biru
C	merah	kuning	biru
D	biru	kuning	putih

7. Pada proses elektrolisis larutan NaOH dengan elektrode Pt, reaksi kimia yang terjadi pada katode adalah
- A. $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$
 - B. $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$
 - C. $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
 - D. $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{H}^+(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$



8. Pada proses melapisi suatu logam dengan perak secara elektrolisis, jumlah perak yang melapisinya bergantung pada
- A. Jumlah coulomb listrik yang dialirkan
 - B. Potensial pada kedua elektroda
 - C. Massa elektroda
 - D. Daya hantar ion dalam larutan
9. Berikut ini merupakan harga-harga entalpi
- I. ΔH positif
 - II. ΔH negatif
 - III. $\sum H_{\text{produk reaksi}} > \sum H_{\text{pereaksi}}$
 - IV. $\sum H_{\text{produk reaksi}} < \sum H_{\text{pereaksi}}$
- Dari pilihan diatas, yang merupakan ciri reaksi eksoterm adalah....
- A. I dan III
 - B. II dan III
 - C. II dan IV
 - D. I dan II
10. Perhatikan berbagai hasil percobaan berikut :
- 1). karbit + air, timbul gas yang tak sedap, suhu sistem naik.
 - 2). Serbuk NH_4Cl + serbuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$, timbul gas tak sedap, terjadi penurunan suhu.
 - 3). Pita tembaga + larutan H_2SO_4 , tidak terjadi perubahan, tetapi berubah menjadi zat padat hitam setelah dipanaskan; reaksi berlanjut setelah pemanasan berhenti
 - 4). gas N_2O_4 yang tak berwarna berubah menjadi coklat jika dipanaskan; jika pemanasan dihentikan, perlahan-lahan kembali tidak berwarna.
- Proses yang tergolong reaksi endoterm adalah...
- A. 1 dan 3
 - B. 2 dan 4
 - C. 3 dan 4
 - D. 1 dan 4



11. Berapa ΔH reaksi pembakaran C_2H_6 jika diketahui:
- $\Delta H_f C_2H_6 = -84,7 \text{ kJ mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f CO_2 = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f H_2O = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
- A. +1559,7 kJ.
 B. - 1559,7 kJ
 C. + 84,7 kJ
 D. - 84,7 kJ
12. Diketahui Persamaan thermokimia $NH_3(g) \rightarrow 1/2 N_2(g) + 3/2 H_2(g)$
 $\Delta H_d = +46,11 \text{ kJ}$
 Berapa jumlah kalor yang dibebaskan pada pembentukan senyawa NH_3 dari unsur-unsurnya?
- A. - 64,11 kJ
 B. +46,11 kJ
 C. - 64,11 kJ
 D. - 46,11 kJ
13. Suatu bijih besi mengandung 90% Fe_2O_3 , untuk memperoleh besi murni maka senyawa Fe_2O_3 direaksikan dengan gas CO menghasilkan besi dan gas CO_2 . Untuk mendapatkan 1 ton besi murni maka dibutuhkan bijih besi sebanyak(Diketahui A_r Fe= 56; O = 16)
- A. 0,16 ton
 B. 0,56 ton
 C. 1,59 ton
 D. 1,65 ton
14. Dimetilhidrazin $(CH_3)_2NNH_2$, digunakan sebagai api pembakar pada pesawat Apollo dengan N_2O_4 cair sebagai oksidator. Hasil reaksi antara kedua senyawa tersebut dalam mesin roket adalah uap air, gas CO_2 , dan N_2 . Berapa jumlah mol gas yang dihasilkan dari pembakaran 1 mol $(CH_3)_2NNH_2$?
- A. 8 mol
 B. 9 mol



- C. 10 mol
- D. 11 mol

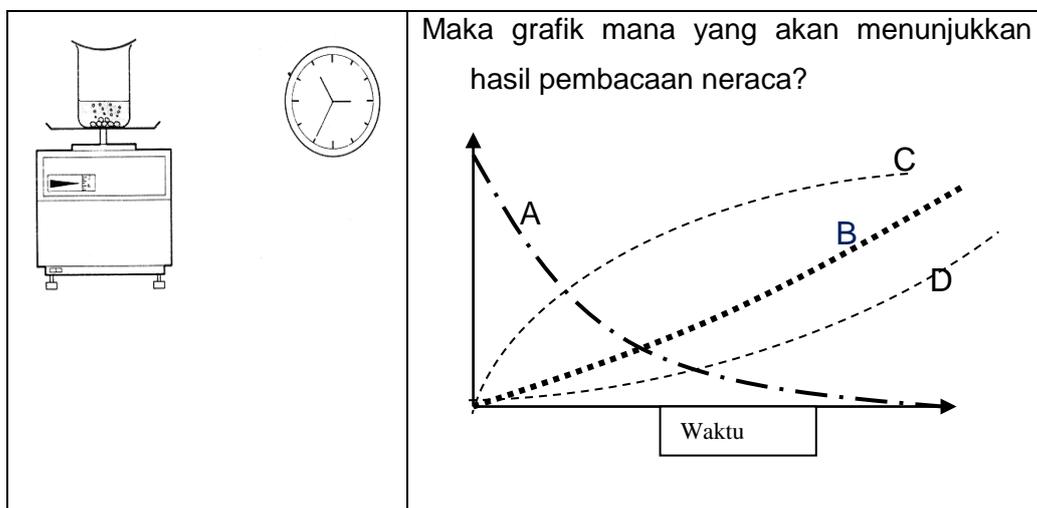
15. Pada suatu bejana direaksikan 100 ml KI 0,1 M dengan 100 ml $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M menurut reaksi: (Ar K = 39; I = 127; Pb = 207; N= 14; O=16)



Pernyataan yang sesuai untuk reaksi di atas adalah ...

- A. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ merupakan pereaksi batas
 - B. KI merupakan pereaksi batas
 - C. Bersisa 1,65 gram KI
 - D. Bersisa 0,65 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
16. Diberikan reaksi antara asam sulfat dan natrium hidroksida sebagai berikut :
- $$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
- Jika 20 gram H_2SO_4 dan 20 gram NaOH direaksikan, maka banyak nya Na_2SO_4 yang akan dihasilkan adalah....

- A. 29,98 gram
 - B. 26, 98 gram
 - C. 27,96 gram
 - D. 28, 96 gram
17. Sebuah percobaan dilakukan seperti diagram di bawah ini dengan mencatat massa yang tertera pada neraca pada interval waktu tertentu.





18. Reaksi akan berlangsung 3 kali lebih cepat dari semula setiap kenaikan 20°C. Jika pada temperatur 30°C suatu reaksi berlangsung 3 menit, maka pada temperatur 70°C reaksi akan berlangsung selama

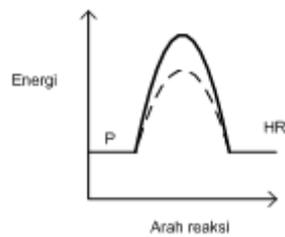
- A. 60 detik
- B. 30 detik
- C. 20 detik
- D. 10 detik

19. Reaksi antara zat A dan zat B menghasilkan zat C dengan persamaan reaksi:

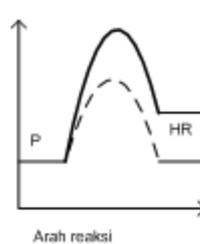


Tentukan grafik yang menunjukkan reaksi tanpa katalis dan reaksi dengan katalis diantara grafik berikut?

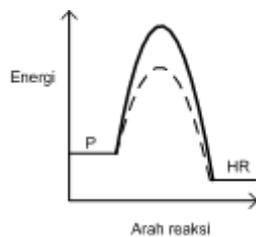
A.



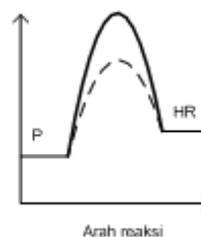
B.



C.



D.



— Tanpa Katalis
- - - Dengan Katalis
P= pereaksi
HR= Hasil Reaksi



20. Manakah pernyataan yang tidak benar tentang energi aktivasi dari suatu reaksi?
- A. Secara umum energi aktivasi makin besar, laju reaksi semakin lambat.
 - B. Energi aktivasi dari arah reaktan ke produk maupun sebaliknya adalah sama.
 - C. Energi aktivasi merupakan energi minimum untuk terjadinya reaksi
 - D. Energi aktivasi digunakan dalam memutuskan ikatan molekul saat bereaksi

PENUTUP

Modul Profesional Guru Pembelajar Mata Pelajaran Kimia Kelompok Kompetensi C yang berjudul Bentuk Molekul, Redoks 3, Termokimia 1, Stoikiometri 3, Laju Reaksi 1 disiapkan untuk guru pada kegiatan guru pembelajar baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi profesional yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi C. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, praktik dan latihan. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan kegiatan.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi C ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Brown, Theodore L., LeMay, Eugene., Bursten, Bruce E., Murphy, Catherine, J. 2009. **CHEMISTRY, The Central Science. Eleventh Edition**, USA: Pearson Education, Inc, Inc.
- BSNP. 2006. **Standar Kompetensi Kimia SMA/MA**. Jakarta: Diknas.
- Chang, Raymond, 2003. **Kimia Dasar : Konsep-Konsep Inti, edisi ketiga, jilid 1**, Jakarta: Erlangga
- Chang, Raymond. 2006. **General Chemistry, Fourth Edition**. New York: The McGraw–Hill Companies.
- Chang, Raymond. 2006. **Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti, edisi ketiga Jilid 1**. Erlangga.
- Chang Raymond. 2008. **General Chemistry: The Essential Concepts**. Fourth Edition, New York: Mc Graw- Hill
- Chua S. 2000. **Chemistry MCQ with HELPS, GCE 'A' LEVEL**. Singapore. Redspot
- Davis, Peck, et all. 2010. **The Foundation of Chemistry**. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Depdiknas. 2008. **Panduan Pengembangan Materi Pembelajaran SMA**. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMA.
- Domingo. Cristina MA. 2005. **CHEMISTRY (Science & Technology III Skills Builder & Exercices**. Philippines: Great Minds Book Sales, Inc.
- Devi, Poppy, K., Siti Kalsum., dkk. 2009. **Kimia 1, Kelas X SMA dan MA. Edisi BSE**. Jakarta. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Hiskia Achmad, Tupamahu. 1996. **Stoikiometri dan Energetika Kimia. Penuntun Belajar Kimia Dasar**. Bandung . Citra Aditya Bakti.
- Holtzclaw, Robinson, and Odom. 2011. **General Chemistry With Qualitative**



http://acehlook.com/hukum-konservasi-massa-dan_mol/diunduhhariRabutanggal
02 September 2015, jam 13.45 WIB

<https://esdikimia.wordpress.com/2009/09/26/massa-atommolekul-relatif-armr-isotop-dan-kelimpahannya/> diunduhhariselatanggal 25 Agustus 2015, jam 10.50 WIB

http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODI.PENDIDIKAN_IPA/194909271978032-LILIASARI/MAKALAH_UNY_08.pdf last update, Desember 2015

<https://id.wikipedia.org/wiki/Stoikiometri> , diunduh hari selasa tanggal 25 Agustus 2015, jam 10.48 WIB

http://repository.upi.edu/12615/3/T_IPA_1200932_Table%20Of%20Content.pdf.
last update, Desember 2016

<http://www.Elmhurst.edu/chm/Vchembook/>

Kemdikbud. 2014. **Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas / Madrasah Aliyah**. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Laird, Brian B, 2009, **University Chemistry**, New York: McGraw- Hill

Lee Eet Fong.1996. **Science Chemistry, Exel in O-Level**. Singapore. EPB Publisher

Lewis, Michael and Guy Waller. 1997. **Thinking Chemistry**. London: Great Britain Oxford University Press.

Poppy, K. D.2006.**Kimia SMA II**. Bandung. Remaja Rosdakarya.

Poppy & Dewi.2008. **Kinetika Kimia. Modul Guru Kimia SMA/MA**. Bandung PPPPTK IPA

Poppy K, dkk...., **Kimia 2 kelas XI SMA/MA**, Pusat Perbukuan Depdiknas

Ryan, Lawrie. 2001. **Chemistry For You**. London: Nelson Thornes.

Michael and Guy. 1997. **Thinking Chemistry. GCSE Edition Great Britain**, Oxford, Scotprint Ltd.

Silberberg. 2010. **Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change**. New York: Mc Graw Hill Companies. Inc.

Sentot Budi Raharjo, Ispriyanto. 2013. **Kimia Berbasis Eksperimen untuk Kelas X SMA/MA**. Sola Tiga Serangkai



- Sentot Budi Rahardjo, 2008, ***Kimia Berbasis Eksperimen 2 Untuk kelas XI SMA dan MA***, Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri
- Setiawati, Tati. Yuyu Sri Rahayu. 2007. ***Stoikiometri. Modul Guru Kimia SMA/MA***. Bandung. PPPPTK IPA
- Sunarya, Yayan., Setiabudi, Agus. 2009. ***Mudah dan Aktif Belajar Kimia. Untuk kelas X Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah***. Edisi BSE. Jakarta. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Syukri, S. 1999. ***Kimia Dasar I***. Bandung: Penerbit ITB.
- Tim Pengembang 2013. ***Modul Implementasi Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Kimia***. Jakarta. Pusbangprodik
- Tim Kimia., 2012, ***Thermokimia***, Bandung: PPPPTK IPA
- Virtual Chem book. Elmhurst College Charles E Ophardt, c 2003*
- Whitten, Kenneth W., Davis, Raymond E., Peck, M. Larry., Stanley, George G. 2010. ***Chemistry. Ninth Edition. International Edition***. USA. Brooks/Cole Cengage Learning.
- Yayan sunarya dan Agus S, 2009. ***Mudah dan Aktif Belajar Kimia***. Untuk kelas XI SMA/MA. Jakarta: Pusurbuk Depdiknas.



GLOSARIUM

Eksoterm	: suatu proses yang melepaskan kalor ke lingkungannya
Endoterm	: suatu proses yang memerlukan kalor dari lingkungannya.
Energi aktivas	: energi yang diperlukan untuk membentuk kompleks teraktivasi
Entalpi pembakaran	: kalor yang diperlukan atau dilepaskan dalam pembakaran 1 mol zat dari unsur-unsurnya pada suhu 25° C dan tekanan 1 atm
Katalis	: suatu zat yang mengubah laju reaksi tetapi tidak bereaksi secara permanen
Laju reaksi	: pengurangan pereaksi atau penambahan hasil reaksi per satuan waktu ($\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$)
Massa atom relatif	: perbandingan massa atom dengan suatu unsur terhadap 1/12 massa atom C-12.
Massa molekul relatif	: jumlah massa relatif semua atom dalam molekul
Massa rumus	: jumlah massa relatif semua atom dalam rumus senyawa ion
Mol	: kuantitas zat yang mempunyai massa (dalam gram) sebanyak massa atom molekul relatifnya.
Orde reaksi	: jumlah pangkat konsentrasi pereaksi dalam persamaan laju reaksi





**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016