

MODUL GURU PEMBELAJAR

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

KELOMPOK KOMPETENSI B

**PEDAGOGI:
TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA
DALAM PEMBELAJARAN IPA**

**Penulis
Dr. Indrawati, M.Pd.**

**PROFESIONAL:
IKATAN KIMIA, STOIKIOMETRI 2, REDOKS 2,
DAN pH**

**Penulis:
Dra. Rella Turella, 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 B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

**Penulis:
Dr. Indrawati, 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 B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

**Penulis:
Dr. Indrawati, 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 B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penyusun

Dr. Indrawati, M.P.

022-4231191 ine_indrawati@yahoo.co.id

Penyunting

Dr. Poppy Kamalia Devi, 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

Dea Alvicha Putri, S.Pd

Retzy Noer Azizah, S.Si, 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

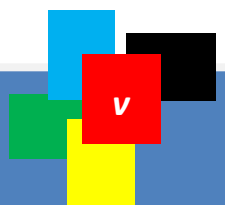
Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

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.
N2qIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. PETA KOMPETENSI	2
D. RUANG LINGKUP	3
E. CARA PENGGUNAAN MODUL	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA	5
A. TUJUAN	5
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	6
C. URAIAN MATERI	6
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	39
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	41
F. RANGKUMAN	41
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	41
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	43
EVALUASI	45
PENUTUP	49
DAFTAR PUSTAKA	51
GLOSARIUM	53



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Jenis Keterampilan dan Deskripsinya	35
Tabel 2	Perbandingan Teori Belajar Piaget, Bruner, Ausubel	37

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	<i>The Nature of Science Education</i>	9
Gambar 2	Siklus hasil dan proses ilmiah	11
Gambar 3	Kontinum Belajar hafalan bermakna, belajar penerimaan dan penemuan	30
Gambar 4	Subsumer A, B, C	31

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Untuk menyiapkan anak didik kita yang akan terjun menjadi anggota masyarakat, sesuai tuntutan karakteristik masyarakat abad 21, guru IPA harus memahami tujuan pengajaran sains. Dewasa ini tujuan pengajaran sains mengalami perubahan dari penekanan pada kemampuan warganegara agar sadar sains (*scientific literacy*) kepada sadar sains dan teknologi (*scientific and technological literacy*). Sadar sains dan sadar teknologi adalah dua tujuan yang berbeda. Pada hakikatnya pelajaran kimia yang merupakan bagian dari pelajaran IPA menekankan pada pengembangan keterampilan berpikir melalui proses dan produk. Kimia merupakan ilmu yang diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif) namun pada perkembangan selanjutnya kimia juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif). Ada dua hal yang berkaitan dengan kimia yang tidak terpisahkan, yaitu kimia sebagai produk (pengetahuan kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) temuan ilmuwan dan kimia sebagai proses (kerja ilmiah). Untuk meningkatkan hasil pembelajaran yang optimal sesuai dengan hakikat pendidikan IPA, seorang guru sebaiknya menggunakan teori, strategi, pendekatan, atau model-model pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan topik yang akan disajikan dan dipelajari Guru Pembelajar didik. Beberapa strategi atau model pembelajaran yang dikemukakan pakar pendidikan, didasari oleh teori belajar tertentu dan digunakan untuk tujuan tertentu pula. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai *teori-teori belajar*, yaitu: teori belajar behaviorisme, teori belajar kognitivisme, dan teori belajar konstruktivisme. Teori ini dapat diterapkan pada pembelajaran kimia sesuai dengan karakteristik konsep kimianya. Mengacu pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007, kompetensi guru dalam penguasaan teori belajar termasuk dalam kompetensi inti pedagogik 2. Menguasai teori



belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik. Untuk memenuhi kompetensi ini pada modul pedagogik kelompok kompetensi B Anda dapat mempelajarinya mulai dari hakekat IPA dan pendidikan IPA, pengertian belajar, teori belajar berdasarkan karakteristiknya dan penerapan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran Kimia. Di dalam modul, sajian materi diawali dengan uraian pendahuluan, kegiatan pembelajaran dan diakhiri dengan evaluasi agar guru melakukan *self-assessment* sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri.

B. Tujuan

Setelah Anda belajar dengan modul ini, Anda diharapkan memahami teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Kimia).

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah belajar menggunakan modul ini adalah menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik. 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 Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
2.1. Memahami berbagai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik terkait dengan mata pelajaran yang diampu	2.1.1 Mendeskripsikan hakikat IPA dan pendidikan IPA 2.1.2 Menjelaskan dimensi atau komponen-komponen IPA 2.1.3 Menjelaskan pengertian belajar dan teori-teori belajar 2.1.4 mendeskripsikan teori belajar berdasarkan karakteristiknya 2.1.5 menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran Kimia

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada Modul Kelompok Kompetensi B disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan



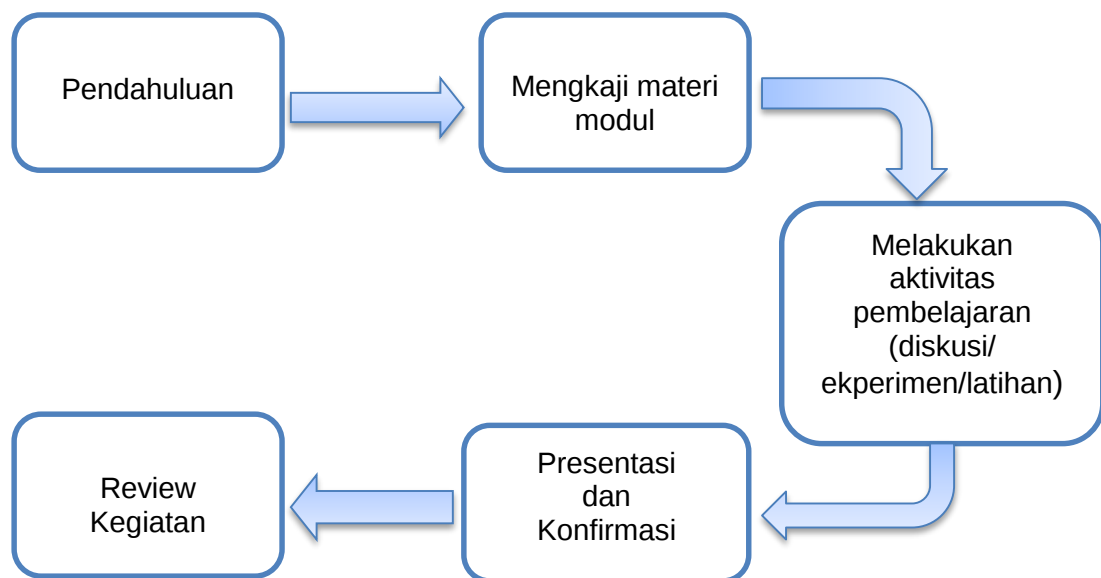
Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi B, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, 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. Hakikat IPA dan Pendidikan IPA
2. Teori-teori belajar dan karakteristiknya

E. Cara Penggunaan Modul

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



Gambar 1. Langkah-langkah belajar menggunakan modul

Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan



Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada Guru Pembelajar 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 kegiatan pembelajaran;
- e. langkah-langkah penggunaan modul;

2. Mengkaji materi pada modul

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

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini Guru Pembelajar melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan, dan sebagainya. Pada kegiatan ini Guru Pembelajar secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini Guru Pembelajar melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama.

5. Reviu Kegiatan

Pada kegiatan ini Guru Pembelajar dan penyaji mereviu materi.

KEGIATAN PEMBELAJARAN: TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Proses pembelajaran IPA menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar peserta didik mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendidikan IPA diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar. Hal ini menunjukkan bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkaitan dengan cara mencari tahu tentang gejala alam secara sistematis, sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan.

Untuk meningkatkan hasil pembelajaran yang optimal seorang guru sebaiknya menerapkan suatu teori pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan topik yang akan disajikan dan dipelajari peserta didik. Teori belajar mendasari beberapa strategi/model pembelajaran yang dikemukakan pakar pendidikan. Teori belajar merupakan kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana informasi diserap, diproses, dan ditahan selama belajar. Penerapan teori pembelajaran hendaknya disesuaikan pula dengan karakteristik mata pelajaran yang diajarkan.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat memahami hakikat IPA dan pendidikan IPA serta teori-teori belajar dan karakteristiknya.



B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. mendeskripsikan hakikat IPA dan pendidikan IPA;
2. menjelaskan dimensi atau komponen-komponen IPA;
3. menjelaskan pengertian belajar dan teori-teori belajar;
4. mendeskripsikan teori belajar berdasarkan karakteristiknya;
5. menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran Kimia;

C. Uraian Materi

1. Hakikat IPA dan Pendidikan IPA

Pada uraian berikut Anda dapat mempelajari hakikat IPA dan beberapa pendapat mengenai sains atau IPA, sikap ilmiah, nilai nilai IPA dan hakekat pendidikan IPA.

a. Hakikat IPA

Sejak ada peradaban manusia, orang telah dapat mengadakan upaya untuk mendapatkan sesuatu dari alam sekitarnya. Manusia telah dapat membedakan hewan atau tumbuhan mana yang dimakan. Mereka telah dapat menggunakan alat untuk mencapai kebutuhannya. Dengan menggunakan alat, mereka telah merasakan manfaat dan kemudahan-kemudahan untuk mencapai suatu tujuan. Semua itu menandakan bahwa mereka memperoleh pengetahuan dari pengalaman dan atas dorongan untuk dapat memenuhi kebutuhan. Berkat pengalaman pula, mereka mengenal beberapa macam tumbuhan yang dapat dijadikan obat dan bagaimana cara pengobatannya.

Ilmu pengetahuan berkembang semakin luas, mendalam, dan kompleks sejalan dengan perkembangan peradaban manusia. Oleh karena ilmu pengetahuan berkembang menjadi dua bagian yaitu *natural science* (Ilmu Pengetahuan Alam, IPA) dan *social science* (Ilmu Pengetahuan Sosial, IPS). Meskipun demikian penggunaan istilah *science* masih tetap digunakan sebagai Ilmu Pengetahuan Alam, yang di Indonesiakan menjadi sains. Tetapi ingat ketika dunia internasional mengatakan *science* maka yang dimaksud ilmu pengetahuan alam, beda dengan di Indonesia, masih ada saja orang yang mengartikan sains sebagai ilmu pengetahuan secara umum.



Dalam perkembangannya, IPA atau sains (Inggris: *sciences*) terbagi menjadi beberapa bidang sesuai dengan perbedaan bentuk dan cara memandang gejala alam. Ilmu yang mempelajari kehidupan disebut Biologi. Ilmu yang mempelajari gejala fisik dari alam disebut Fisika, dan khusus untuk bumi dan antariksa disebut Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa. Sedangkan ilmu yang mempelajari sifat materi benda disebut Ilmu Kimia. Kadang-kadang pada tingkat pembahasan atau gejala tertentu, perbedaan ini sudah tidak nampak lagi.

Pertanyaan klasik yang muncul apabila kita akan membahas mengenai sains, adalah apakah sains itu? Sains sebagai ilmu pengetahuan alam yang meliputi: fisika, kimia, dan biologi.

Secara etimologi, Fisher (1975:5) menyatakan kata sains berasal dari bahasa Latin, yaitu *scientia* yang artinya secara sederhana adalah pengetahuan (*knowledge*). Kata sains mungkin juga berasal dari bahasa Jerman, yaitu *Wissenschaft* yang artinya sistematis, pengetahuan yang terorganisasi. Sains diartikan sebagai pengetahuan yang secara sistematis tersusun (*assembled*) dan bersama-sama dalam suatu urutan terorganisasi. Misalnya, pengetahuan tentang fisika, biologi, dan kimia.

Istilah sains secara umum mengacu kepada masalah alam (*nature*) yang dapat diinterpretasikan dan diuji. Dengan demikian keadaan alam merupakan keadaan materi yaitu atom, molekul dan senyawa, segala sesuatu yang mempunyai ruang dan massa, sepanjang menyangkut '*natural law*' yang memperlihatkan '*behaviour*' materi, merupakan pengertian dari sains, yaitu: fisika, kimia, dan biologi.

Menelusuri definisi yang dikemukakan oleh beberapa ahli mengenai sains atau IPA, ditemukan beragam bentuk dan penekanannya. Misalnya definisi sains, yaitu sains merupakan rangkaian konsep dan skema konseptual yang saling berhubungan yang dikembangkan dari hasil eksperimentasi dan observasi serta sesuai untuk eksperimentasi dan observasi berikutnya (Jenkins & Whitefield:1974; Conant: 1975).

Davis dalam bukunya *On the Scientific Methods* yang dikutip oleh Chalmers menyatakan sains sebagai suatu struktur yang dibangun dari fakta-fakta. Bronowski, seorang saintis dan juga filosof tentang sains, menyatakan sains

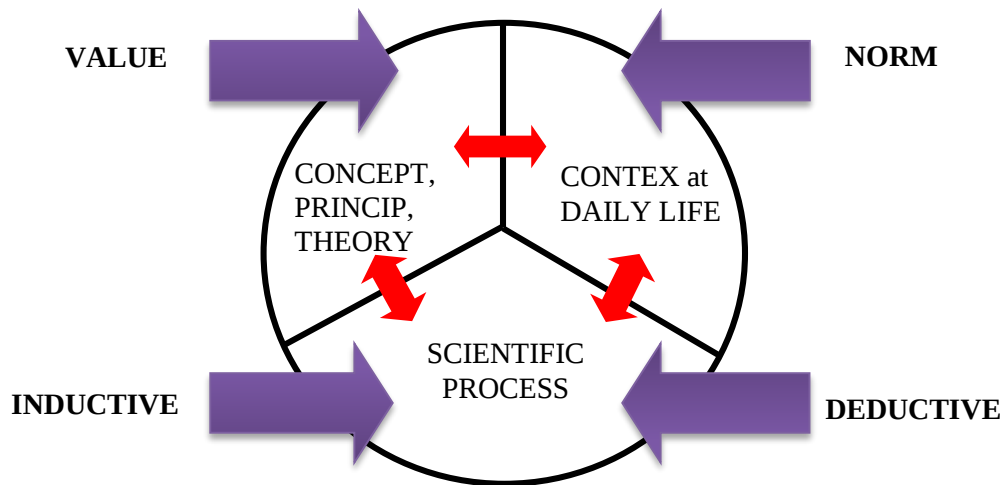


merupakan organisasi pengetahuan dengan suatu cara tertentu berupa penjelasan lebih lanjut mengenai hal-hal yang tersembunyi yang ada di alam.

Batasan yang dikemukakan oleh Jenkins dan Whitefield, dan Bronowski tentang sains sepertinya masih hanya berkisar kepada kumpulan konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang diperoleh oleh para saintis atau ahli Sains (Jenkins & Whitefield:1974; Conant: 1975). Tetapi cara atau metode yang digunakan untuk memperoleh konsep-konsep itu belum secara jelas-jelas dikatakan sebagai sains, hanya dinyatakan sebagai cara-cara terstruktur dan sistematis. Dengan demikian, lingkupnya hanya sebatas pada kumpulan konsep-konsep atau prinsip-prinsip. Proses kreatif untuk memperoleh kumpulan konsep-konsep dan prinsip-prinsip itu, tampak belum masuk di dalam batasan di atas.

Fisher (1975:6) menyatakan batasan sains adalah *body of knowledge obtained by methods based upon observation*. Suatu batang tubuh pengetahuan yang diperoleh melalui suatu metode yang berdasarkan observasi. Cambbell (dalam Fisher, 1975:7) menyatakan sains sebagai sesuatu yang memiliki dua bentuk, yaitu (1) sains sebagai batang tubuh ilmu pengetahuan yang berguna, pengetahuan praktis, metode memperolehnya; dan (2) sains sebagai hal yang murni aktifitas intelektual. Bube (dalam Fisher, 1975:9) menyatakan sains sebagai pengetahuan tentang alam yang diperoleh melalui interaksi antara akal dengan dunia.

Suatu batasan tentang sains yang lebih lengkap dikemukakan oleh Sund. Sund, dkk (1981:40) menyatakan sains sebagai tubuh dari pengetahuan (*body of knowledge*) yang dibentuk melalui proses inkuiri yang terus-menerus, yang diarahkan oleh masyarakat yang bergerak dalam bidang sains. Sains lebih dari sekedar pengetahuan (*knowledge*). Sains merupakan suatu upaya manusia yang meliputi operasi mental, keterampilan dan strategi memanipulasi dan menghitung, keingintahuan (*curiosity*), keteguhan hati (*courage*), ketekunan (*persistence*) yang dilakukan oleh individu untuk menyingkap rahasia alam semesta. Sains juga dapat dikatakan sebagai hal-hal yang dilakukan ahli sains ketika melakukan kegiatan penyelidikan ilmiah.



Gambar 1. *The Nature of Science Education*

Gambar di atas merupakan batasan yang dikemukakan oleh Sund ini paling lengkap jika dibandingkan dengan definisi yang lain. Sund tidak hanya melibatkan kumpulan pengetahuan yang diperoleh dengan metode inkuiri, tetapi memasukkan unsur operasi mental yang dilakukan oleh individu (nilai dan norma) untuk memperoleh penjelasan tentang fenomena alam (melalui proses sains) baik secara induktif maupun secara deduktif.

Berdasarkan penelusuran dari berbagai pandangan para ahli dalam bidang sains dan memperhatikan hakikat sains, dapat kita rumuskan:

Sains adalah ilmu pengetahuan atau kumpulan konsep, prinsip, hukum, dan teori yang dibentuk melalui proses kreatif yang sistematis melalui inkuiri yang dilanjutkan dengan proses observasi (empiris) secara terus-menerus; merupakan suatu upaya manusia yang meliputi operasi mental, keterampilan, dan strategi manipulasi dan menghitung, yang dapat diuji kembali kebenarannya yang dilandasi dengan sikap keingintahuan (curiosity), keteguhan hati (courage), ketekunan (persistence) yang dilakukan oleh individu untuk menyingkap rahasia alam semesta.

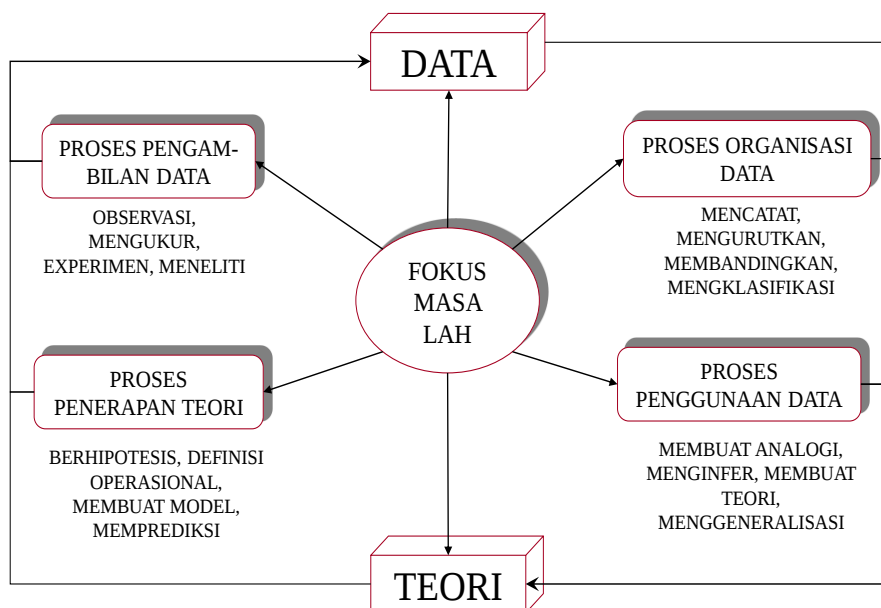
Dengan demikian paling sedikit ada tiga komponen dalam rumusan atau batasan tentang sains, yaitu (1) kumpulan konsep, prinsip, hukum, dan teori, (2) proses ilmiah dapat fisik dan mental dalam mencermati fenomena alam, termasuk juga penerapannya, dan (3) sikap keteguhan hati, keingintahuan, dan ketekunan dan menyingkap rahasia alam. Ketiga syarat tersebut dapat kita katakan sebagai



syarat kumulatif, artinya harus ketiga-tiganya dimiliki oleh seseorang untuk dapat dikatakan sebagai saintis.

Untuk selanjutnya, langkah-langkah atau proses yang ditempuh para ilmuwan dalam mengembangkan ilmu menjadi cara atau metode yang digunakan secara umum, kemudian disebut **metode ilmiah**. Metode ini memungkinkan berkembangnya pengetahuan dengan pesat, jelas adanya hubungan timbal balik antara fakta dan gagasan. Fakta yang didapat melalui pengamatan diolah dan disajikan oleh ilmuwan dan disebut data.

Siklus proses ilmiah (Gambar 2.1) dapat dimulai dari adanya **fokus masalah**, ditunjang dengan **data** yang ada dan **teori** yang ada, maka rumusan masalah dapat dibuat. **Teori** yang ada **digunakan** melalui perumusan hipotesis, definisi operasional, dan membuat model untuk membuat prediksi terhadap penjelasan masalah yang dirumuskan. Penerapan teori yang proporsional membimbing pendekatan dalam mengobservasi dan meneliti serta alat ukur yang digunakannya untuk proses **pengambilan data**. Data yang diperoleh dibuat klasifikasinya berdasarkan persamaan dan perbedaannya, melalui proses **pengorganisasian data**. Data yang telah diorganisasikan, digunakan dengan cara membuat analogi, generalisasi, teori, dan kaedah-kaedah (sebagai penambahan atau revolusi terhadap teori sebelumnya), melalui proses **penggunaan data** sehingga berulang siklus berikutnya.



Gambar 2.1 Siklus hasil dan proses ilmiah (Costa, A.L. *et al.*, 1985: 167)

Berdasarkan pengertian sains seperti tersebut di atas, seringkali kita saksikan suatu pembelajaran IPA yang hanya memungkinkan peserta didik mengartikan IPA hanya sebagai tubuh dari ilmu tanpa memahami proses dan kualitas manusia yang melakukan inkuiri ilmiah. Jadi sains hanya diapresiasi sebagai kumpulan fakta, konsep, dan prinsip ilmiah belaka.

Konsep adalah suatu ide atau gagasan yang digeneralisasikan dari pengalaman yang relevan.

Prinsip adalah generalisasi meliputi konsep-konsep yang bertautan atau adanya hubungan antara satu konsep dengan konsep lainnya.

Teori adalah generalisasi prinsip-prinsip yang berkaitan dan dapat digunakan untuk menjelaskan gejala-gejala alam.

Pemikiran yang lebih umum dan telah terbukti kebenarannya melalui percobaan disebut **hukum**.

Dari beberapa pandangan ahli filsuf tentang IPA berdasarkan sudut pandang bagaimana cara ahli sains memperoleh ilmu pengetahuan yang disebut **epistemologi**, dapat disimpulkan bahwa IPA dalam bentuk kumpulan konsep, prinsip, teori, dan hukum sebagai produk yang diperoleh para ilmuwan atau IPA



sebagai produk. Sedangkan memandang IPA dari sudut pola berpikir atau metode berpikirnya disebut IPA sebagai proses.

Secara operasional IPA memiliki makna:

- 1) sekumpulan pengetahuan;
- 2) suatu proses pencarian;
- 3) suatu sarana pengembangan nilai-nilai;
- 4) suatu sarana untuk mengenal dunia;
- 5) suatu sarana untuk mengembangkan hubungan sosial;
- 6) suatu hasil konstruksi manusia;
- 7) bagian dari kehidupan manusia.

Dari makna-makna tersebut, sering kita menyimpulkan bahwa IPA pada hakikatnya terdiri atas aspek produk dan proses:

Produk, merujuk pada sekumpulan pengetahuan berupa fakta, konsep, prinsip, teori, hukum.

Proses, proses sains merujuk pada proses-proses pencarian sains yang dilakukan para ahli disebut *science as the process of inquiry*.

IPA memiliki sesuatu metode, yang dikenal dengan *scientific method* atau metode ilmiah, yang meliputi kegiatan-kegiatan seperti:

- 1) mengenal dan merumuskan masalah;
- 2) mengumpulkan data;
- 3) melakukan percobaan atau penelitian;
- 4) melakukan pengamatan;
- 5) melakukan pengukuran;
- 6) menyimpulkan;
- 7) mengkomunikasikan pengetahuan atau melaporkan hasil penemuan.

Untuk melakukan metode ilmiah diperlukan sejumlah keterampilan IPA yang sering disebut *science processes skills*. Proses IPA meliputi mengamati, mengklasifikasi, menginfer, memprediksi, mencari hubungan, mengukur, mengkomunikasikan, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, mengontrol variabel, menginterpretasikan data, menyimpulkan.



b. Sikap Ilmiah

Didalam melakukan metode ilmiah, para ilmuwan IPA memiliki sifat ilmiah (*scientific attitudes*), agar hasil yang dicapainya itu sesuai dengan harapannya. Sikap-sikap ilmiah tersebut antara lain:

- 1) obyektif terhadap fakta atau kenyataan, artinya bila sebuah benda menurut kenyataan berbentuk bulat telur, maka dia secara jujur akan melaporkan bahwa bentuk benda itu bulat telur. Dia berusaha untuk tidak dipengaruhi oleh perasaannya;
- 2) tidak tergesa-gesa di dalam mengambil kesimpulan atau keputusan;
- 3) bila belum cukup data yang dikumpulkan untuk menunjang kesimpulan atau keputusan. Seorang ilmuwan IPA tidak akan tergesa-gesa menarik kesimpulan. Ia akan mengulangi lagi pengamatan-pengamatan dan percobaan-percobaannya, sehingga datanya cukup dan kesimpulannya mantap, karena didukung oleh data-data yang cukup dan akurat;
- 4) berhati terbuka, artinya bersedia mempertimbangkan pendapat atau penemuan orang lain, sekalipun pendapat atau penemuan orang lain itu bertentangan dengan pendapatnya sendiri;
- 5) dapat membedakan antara fakta dan pendapat;
- 6) fakta dan pendapat adalah hal yang berbeda. Fakta adalah sesuatu yang ada, terjadi dan dapat dilihat atau diamati. Sedangkan pendapat adalah hasil proses berfikir yang tidak didukung fakta;
- 7) bersikap tidak memihak suatu pendapat tertentu tanpa alasan yang didasarkan atas fakta;
- 8) tidak mendasarkan kesimpulan atas prasangka;
- 9) tidak percaya akan takhayul;
- 10) tekun dan sabar dalam memecahkan masalah;
- 11) bersedia mengkomunikasikan dan mengumumkan hasil penemuannya untuk diselidiki, dikritik dan disempurnakan;
- 12) dapat bekerjasama dengan orang lain;
- 13) selalu ingin tahu tentang apa, mengapa, dan bagaimana dari suatu masalah atau gejala yang dijumpainya.



c. Nilai-nilai IPA

Bila kita meninjau kembali tentang hakekat IPA yang dipaparkan di atas ternyata bahwa IPA mempunyai nilai-nilai kehidupan dan pendidikan. Nilai-nilai IPA dalam berbagai segi kehidupan itu adalah:

1) Nilai praktis

Tidak diragukan lagi bahwa IPA mempunyai nilai praktis, dimana hasil-hasil penemuan IPA, baik secara langsung atau tidak langsung dapat digunakan dan dimanfaatkan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya: komputer, robot, mesin cuci, televisi, dan sebagainya. Teknologi yang merupakan hasil-hasil penemuan IPA telah banyak sekali menghasilkan benda-benda yang sangat bermanfaat bagi manusia.

Perkembangan dan kemajuan teknologi mengandalkan hasil teknologi mengandalkan hasil penemuan IPA. Demikian pula IPA, memanfaatkan hasil teknologi untuk memecahkan masalah-masalah dan memperoleh penemuan-penemuan baru (contoh: komputer, mikroskop elektron, dan sebagainya). Tidak disangsikan lagi bahwa IPA dan teknologi saling membutuhkan, saling mengisi dan saling membantu untuk bisa terus berkembang.

2) Nilai intelektual

IPA dengan metode ilmiahnya banyak sekali digunakan untuk memecahkan masalah-masalah, bukan saja masalah yang berkaitan dengan IPA, tetapi masalah-masalah lain yang berkaitan dengan sosial dan ekonomi. Ilmu sosial dan ekonomi banyak menggunakan metode ilmiah dalam memecahkan masalah-masalahnya. Metode ilmiah memberikan kemampuan dan keterampilan kepada manusia untuk dapat memecahkan masalah. Kemampuan ini ternyata memberikan kepuasan khusus kepada manusia. Oleh karena itu IPA dengan metode ilmiahnya mempunyai nilai intelektual.

3) Nilai sosial politik-ekonomi

Negara yang IPA dan Teknologinya maju akan mendapat tempat khusus dalam kedudukan sosial, politik, dan ekonominya. Negara-negara maju seperti Amerika, Inggris, Jerman, Jepang dsb mendapat kedudukan penting dalam percaturan dunia. Indonesia pernah merintis penggunaan teknologi canggih dengan



pembuatan pesawat terbang di IPTN, dan pada waktu itu, negara kita pun mulai diperhitungkan oleh dunia dan membawa dampak terhadap nilai sosial, politik, dan ekonomi.

4) Nilai keagamaan

Ada yang berpendapat bahwa apabila seseorang belajar IPA dan Teknologi terlalu mendalam, maka orang itu akan melakukan hal-hal yang menjurus ke arah negatif, misalnya ingkar kepada Alla SWT. Pendapat ini nampaknya tidak semua benar, karena banyak para ilmuwan IPA yang dahulunya kurang percaya terhadap Agama, sedikit demi sedikit bahkan ada yang sangat mendalami Agama. Mereka ilmuwan masih belum bisa mengungkapkan semua fenomena alam yang ada di Bumi dan Jagad Raya ini, mereka manusia memiliki kemampuan terbatas. Mereka menyadari bahwa ada yang menciptakan dan mengatur segala keteraturan yang ada di Jagad Raya ini, dan mereka ilmuwan pun semakin yakin dan percaya bahwa ada yang mengatur semua itu yakni Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa. Seorang ilmuwan yang beragama akan semakin tebal keimannya, karena kepercayaan terhadap agama tidak hanya didukung oleh dogma-dogma, melainkan juga oleh rasio yang ditunjang oleh segala pengamatan yang merupakan manifestasi kebesaran Allah. Pernyataan yang terkenal yang diungkap oleh ilmuwan besar, seperti Albert Einstein adalah *"Science without religious is blind and religious without science is limp"*.

5) Nilai pendidikan.

Dalam abad kemajuan IPA dan teknologi ini diperlukan warganegara-warganegara yang melek IPA dan Teknologi Namun sangat disayangkan, masyarakat kita masih banyak yang belum melek IPA dan Teknologi ini. Untuk memecahkan masalah ini merupakan salah tugas pendidik IPA. Guru IPA memiliki tugas untuk membelajarkan siswa dengan baik untuk mencapai tujuan pendidikan IPA saat ini, yaitu menciptakan warganegara yang sadar akan IPA dan Teknologi.

Menurut De Boer (1991:177) orang yang sadar sains adalah "orang yang dapat menggunakan konsep-konsep sains, keterampilan proses sains dan nilai dalam membuat keputusan sehari-hari bila ia berinteraksi dengan orang lain atau



lingkungannya dan ia juga memahami hubungan antara sains, teknologi, dan masyarakat, termasuk aspek perkembangan sosial dan ekonomi”.

Orang yang sadar teknologi menurut M.J. Dyrenfurth (1971) dalam Benny Karyadi (1997:1) dan Poedjiadi (1996:7) mempunyai ciri-ciri: (1) tahu menggunakan dan memelihara produk teknologi; (2) sadar tentang proses teknologi; (3) sadar akan dampak yang ditimbulkan oleh teknologi terhadap manusia dan masyarakat; (4) mampu mengadakan penilaian tentang proses dan produk teknologi; (5) serta mampu menghasilkan teknologi alternatif yang sederhana. Lebih lanjut lagi Poedjiadi (1997:4) merumuskan bahwa sadar sains dan teknologi adalah orang yang memiliki karakteristik: (1) menguasai konsep-konsep sains dan teknologi yang akan meningkatkan kemampuan orang tersebut untuk berpartisipasi secara efektif di masyarakatnya; (2) mampu berpartisipasi, memelihara, dan peduli terhadap kemungkinan dampak negatif dari produk teknologi; (3) kreatif dalam menghasilkan dan memodifikasi produk-produk yang dibutuhkan masyarakat; dan (4) sensitif serta peduli terhadap masalah-masalah lingkungan dan dapat membuat keputusan sehubungan dengan nilai-nilai.

Dari uraian di atas, diharapkan melalui pendidikan IPA diharapkan masyarakat dapat memahami IPA dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari untuk memecahkan masalah dalam kehidupan. Persoalan banjir, erosi, gizi rendah, kesehatan, dan lain-lain adalah contoh dari ketidakpedulian terhadap IPA dan Teknologi. Oleh karena itu IPA memiliki peranan yang sangat penting dalam pendidikan.

d. Hakikat pendidikan IPA

Pendidikan dimaknai sebagai proses yang di dalamnya seseorang mengembangkan semua aspek kepribadian manusia, yang mencakup pengetahuan, kemampuan, sikap, nilai, dan bentuk-bentuk tingkah laku lainnya di masyarakat di mana ia hidup.

Pendidikan IPA adalah suatu upaya atau proses untuk membelajarkan siswa untuk memahami hakikat IPA: produk, proses, dan mengembangkan sikap ilmiah serta sadar akan nilai-nilai yang ada di dalam masyarakat untuk pengembangan sikap dan tindakan berupa aplikasi IPA yang positif.



Kaitannya dengan keseluruhan kurikulum, bahwa terjadinya belajar pada peserta didik merupakan faktor utama yang paling penting dan harus diperhatikan dalam pembelajaran sains. Agar hal ini dapat tercapai, bahasa yang digunakan hendaknya dapat dimengerti oleh peserta didik dan berkesesuaian dengan teknologi yang ada, karena di sekitar kita penuh dengan hasil teknologi; dan memperhatikan tingkat perkembangan kemampuan peserta didik itu sendiri.

Batasan yang dikemukakan Kirkham lebih tepat untuk pendidikan sains, sebab memasukkan unsur sikap, yaitu pada elemen konteks individu dan masyarakat, di samping unsur konten dan proses dari sains. Dalam pendidikan sains unsur sikap sangat penting dikembangkan selain unsur konsep dan proses.

DeBoer (1991, 69-70) menyatakan bahwa Komisi Sains yang dipimpin oleh Otis W. Caldwell beranggotakan 47 orang, profesor dalam bidang pendidikan dan kepala sekolah Lincoln School memberikan rasional dalam kurikulum dan arah sains dalam pendidikan sesuai dengan yang diinginkan oleh sains agar pencapaian peserta didik seperti yang diharapkan, yaitu sebagai berikut:

- 1) sains merupakan sesuatu yang bernilai dalam 'hidup sehat' karena pengetahuan masyarakat tentang kebersihan lingkungan dan kesehatan individu dapat mencegah mewabahnya penyakit dan mengendalikan berjangkitnya suatu penyakit;
- 2) meskipun sains terus melaju ke arah kemajuan, tetapi sains tetap peduli dengan '*worthy home membership*' melalui pembelajaran tentang fungsi dan keterbatasan listrik, sistem ventilasi, pengoperasian dari berbagai alat di rumah yang digunakan dalam sehari-hari;
- 3) pelajaran sains bermanfaat untuk keperluan pekerjaan khusus dalam kehidupan yang umum (misalnya, biologi, fisika, kimia, fisiologi, kesehatan);
- 4) berkaitan dengan tujuan 'kemasyarakatan' sains memberikan penghargaan yang lebih terhadap kerja dan kontribusinya dalam memberikan masyarakat kemampuan untuk mengambil peran dalam masyarakat;
- 5) kontribusi sains dalam pemanfaatan waktu luang, misalnya melalui pemahaman tentang optik, dan prinsip kimia dalam fotografi, dan pembuatan observasi yang lebih mendalam tentang alam sambil menjelajahi kawasan atau wilayah atau negara atau pantai;



- 6) studi tentang sains memberikan kontribusi dalam pengembangan etika dan karakter melalui pemahaman yang mendalam tentang konsep kebenaran dan kepercayaan terhadap hukum sebab akibat.

Tujuan yang direkomendasikan oleh komisi tersebut, antara lain, sebagai berikut:

- 1) meningkatkan kesejahteraan masyarakat umum melalui pendidikan, dengan penyebaran informasi tentang kehidupan sehari-hari, meliputi: kesehatan masyarakat dan personal, pendidikan seks, pengetahuan sanitasi, dan pengetahuan yang membantu masyarakat dalam menggunakan secara benar teknologi modern di rumah dan dalam kehidupan sehari-hari;
- 2) mengembangkan hubungan sains dan keindahan alam;
- 3) menarik minat peserta didik untuk melakukan studi lanjutan tentang sains dalam mengantisipasi bagi mereka yang memilih karir yang berkaitan dengan sains, sebagai saintis atau ahli lain yang memerlukan pengetahuan sains;
- 4) mengembangkan kemampuan peserta didik mengobservasi, membuat pengukuran yang teliti terhadap suatu fenomena, mengklasifikasikan pengamatan, dan membuat penalaran secara jelas terhadap hasil pengamatan;
- 5) pemahaman yang jelas tentang prinsip-prinsip masing-masing cabang sains, meliputi: fisika, kimia, dan biologi. Masing-masing cabang ini dikembangkan oleh ahlinya masing-masing.

(Sumber: A new Taxosomy of Science Education)

Jadi dapat kita katakan bahwa, pendidikan sains pada hakikatnya adalah membelajarkan peserta didik untuk memahami hakikat sains (proses dan produk serta aplikasinya) mengembangkan sikap ingin tahu, keteguhan hati, dan ketekunan, serta sadar akan nilai-nilai yang ada di dalam masyarakat serta terjadi pengembangan ke arah sikap yang positif.



2. Teori-Teori Belajar

a. Belajar

Banyak definisi tentang belajar, salah satunya adalah seperti yang disampaikan oleh Gagne (1984), belajar dapat didefinisikan sebagai suatu proses dimana suatu organisme *berubah perilakunya* sebagai akibat dari *pengalaman*. *Learning may be defined as the process where by an organism changes its behaviour as a result of experience* (Gagne 1984: 256).

Dari definisi belajar tersebut, ada dua kata kunci, yaitu perilaku dan pengalaman. Perilaku, menyangkut aksi atau tindakan, yang menjadi perhatian utama adalah perilaku verbal dari manusia, sebab dari tindakan-tindakan menulis dan berbicara manusia dapat kita tentukan apakah terjadi perubahan perilaku atau tidak. Perubahan dari "ba-ba" menjadi "bapak", perubahan dari menuliskan sesuatu dengan cara yang salah menjadi benar, memungkinkan kita untuk menyimpulkan bahwa belajar telah terjadi.

Komponen kedua dalam definisi belajar adalah pengalaman, hal ini membatasi macam-macam perubahan perilaku yang dapat dianggap mewakili belajar. Pengalaman yang dimaksud sebagai proses belajar adalah pengalaman yang dialami oleh siswa, bukan yang merupakan pengalaman fisiologis, seperti pada saat kita masuk ke dalam ruang yang gelap, lambat laun kita akan melihat dengan jelas, hal tersebut adalah akibat perubahan pupil mata dan perubahan perubahan fotokimia dalam retina, hal ini merupakan sesuatu yang fisiologis dan tidak mewakili belajar.

Berikut ini lima macam perilaku perubahan pengalaman, yaitu:

- 1) pada tingkat emosional paling primitif, terjadi perubahan perilaku diakibatkan dari pasangan stimulus tak terkondisi dengan stimulus terkondisi. Bentuk belajar seperti ini disebut belajar dan menolong kita bagaimana memahami bagaimana para siswa menyenangi atau tidak menyenangi sekolah atau mata pelajaran yang diajarkan;
- 2) belajar kontiguitas, yaitu bagaimana dua peristiwa dipasangkan satu dengan yang lainnya pada satu waktu. Kita dapat melihat bagaimana asosiasi ini dapat menyebabkan belajar dari latihan dan belajar stereotip



- (menggambarkan seorang ilmuwan itu berkacamata, seorang ibu tiri kejam dll);
- 3) belajar operant, yaitu kita belajar bahwa konsekuensi perilaku mempengaruhi apakah perilaku itu akan diulangi atau tidak, dan berapa besar pengulangan itu;
 - 4) belajar observasional, pengalaman belajar sebagai hasil observasi manusia dan kejadian-kejadian, kita belajar dari model-model, dan mungkin kita menjadi model bagi orang lain;
 - 5) belajar kognitif terjadi dalam kepala kita bila kita melihat dan memahami peristiwa-peristiwa yang terjadi di sekitar kita.

b. Teori Belajar

Teori belajar adalah kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana informasi diserap, diproses, dan ditahan selama belajar. Aspek kognitif, emosional, pengaruh lingkungan, dan pengalaman sebelumnya, semuanya berperan dalam bagaimana memahami, bagaimana pengetahuan dan keterampilan diperoleh, diubah dan dipertahankan.

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi. Dengan demikian, pembelajaran didefinisikan sebagai pengorganisasian atau penciptaan atau pengaturan suatu kondisi lingkungan yang sebaik-baiknya yang memungkinkan terjadinya belajar pada siswa.

T. Raka Joni (1991) menunjukkan keragaman khas dalam mengaplikasikan suatu metode sesuai dengan latar (*setting*) tertentu, seperti kemampuan dan kebiasaan guru, ketersediaan sarana dan prasarana sekolah, kemampuan dan kesiapan peserta didik, dan sebagainya. Contoh, dengan menggunakan metode ceramah, maka dapat disebutkan rentangan teknik berceramah mulai dari yang diibaratkan *tape recorder* dalam menyampaikan bahan ajar pelajaran sampai dengan menampilkan berbagai alat bantu/media untuk menyampaikan isi pelajaran yang dirancang berdasarkan teori pembelajaran mutakhir.



c. Teori Belajar dan Karakteristiknya

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai *teori-teori belajar*, yaitu: *teori belajar behaviorisme*, *teori belajar kognitivisme*, dan *teori belajar konstruktivisme*. Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses di mana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.

1) Teori Belajar Behaviorisme

Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori behaviorisme mendefinisikan belajar tidak lebih dari memperoleh perilaku baru. Ada beberapa pendapat mengenai Teori belajar behaviorisme

a) Teori E.L. Thorndike (Teori Koneksionisme)

Teori koneksionisme dikemukakan oleh Thorndike. Dalam eksperimennya Thorndike menggunakan kucing sebagai obyek penelitiannya, kucing ditempatkan dalam kotak. Dari kotak-kotak ini kucing itu harus keluar untuk memperoleh makanan. Ia mengamati bahwa setelah selang beberapa waktu, kucing tadi mempelajari cara tercepat dalam memperoleh makanan melalui perilaku-perilaku yang efektif dan tidak mengulang perilaku yang tidak efektif. Dari eksperimen ini Thorndike mengembangkan hukumnya yang dikenal dengan Hukum Pengaruh atau *Law of Effect*, yang mengemukakan, bahwa jika suatu tindakan diikuti oleh perubahan yang memuaskan dalam lingkungan, kemungkinan bahwa tindakan itu akan diulangi menjadi lebih besar. Tetapi bila hasil yang diperoleh tidak memuaskan maka kemungkinan tindakan tersebut tidak akan diulangi.

Menurut Thorndike, belajar adalah proses interaksi antara stimulus dan respon. Stimulus, yaitu apa saja yang dapat merangsang terjadinya kegiatan belajar seperti pikiran, perasaan, atau hal-hal lain yang dapat ditangkap melalui alat



indera. Sedangkan respon adalah reaksi yang dimunculkan siswa ketika belajar, dapat berupa pikiran, perasaan atau tindakan/gerakan.

Dari definisi belajar tersebut maka menurut Thorndike perubahan tingkah laku akibat kegiatan belajar dapat berwujud konkrit yaitu yang dapat diamati atau tidak konkrit atau yang tidak dapat diamati.

b) Teori Watson (Teori *Conditioning*)

Teori *conditioning* mula-mula dipelopori oleh Ivan Pavlov, kemudian dikembangkan oleh Watson. Menurut Watson, belajar adalah proses interaksi antara stimulus dan respon yang berbentuk tingkah laku yang dapat diamati dan dapat diukur. Ia tetap mengakui adanya perubahan-perubahan mental dalam diri seseorang selama proses belajar, namun semua itu tidak dapat menjelaskan apakah seseorang telah belajar atau belum karena tidak dapat diamati. Asumsinya bahwa, hanya dengan cara tersebut dapat diramalkan perubahan-perubahan apa yang bakal terjadi setelah seseorang melakukan tindak belajar. Watson adalah seorang behavioris murni, karena kajiannya tentang belajar disejajarkan dengan ilmu-ilmu lain seperti fisika atau biologi yang sangat berorientasi pada pengalaman empirik yaitu sejauh dapat diamati dan dapat diukur.

c) Teori B.F. Skinner (*Operant Conditioning*)

Penelitian Skinner terpusat pada hubungan antara perilaku dan konsekuensi-konsekuensinya. Sebagai contoh misalnya, bila perilaku seseorang segera diikuti dengan konsekuensi yang menyenangkan, orang itu akan mengulang perilaku tersebut lebih sering. Penggunaan konsekuensi-konsekuensi yang menyenangkan dan tidak menyenangkan untuk mengubah perilaku seseorang disebut operant conditioning. Konsekuensi yang menyenangkan pada umumnya disebut *reinforcer* (penguatan), sedangkan konsekuensi yang tidak menyenangkan disebut *punisher* (hukuman).



2) Teori Belajar Kognitif

Kognitivisme berfokus pada "otak". Bagaimana proses dan penyimpanan informasi menjadi sangat penting dalam proses pembelajaran. Teori kognitif melihat melampaui perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak.

Teori Piaget

Menurut Piaget, perkembangan kognitif merupakan suatu proses genetis, artinya proses yang didasarkan atas mekanisme biologis yaitu perkembangan sistem syaraf. Makin bertambah umur seseorang, maka makin kompleks susunan sel syarafnya dan makin meningkat pula kemampuannya (Travers, 1976). Menurut Piaget, proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).

Ketika individu berkembang menuju kedewasaan, akan mengalami *adaptasi* biologis dengan lingkungannya yang akan menyebabkan adanya perubahan-perubahan kualitatif di dalam struktur kognitifnya. Piaget menyimpulkan bahwa daya pikir atau kekuatan mental anak yang berbeda usia akan berbeda pula secara kualitatif.

Proses adaptasi mempunyai dua bentuk dan terjadi secara simultan, yaitu asimilasi dan akomodasi. Adaptasi akan terjadi jika telah terdapat keseimbangan di dalam struktur kognitif. Asimilasi adalah proses perubahan apa yang dipahami sesuai dengan struktur kognitif yang telah ada, sedangkan akomodasi adalah proses perubahan struktur kognitif sehingga dapat dipahami. Jadi apabila individu menerima informasi atau pengalaman baru maka informasi tersebut akan dimodifikasi sehingga cocok dengan struktur kognitif yang telah dipunyainya. Proses ini disebut *asimilasi*. Sebaliknya, apabila struktur kognitif yang sudah dimilikinya harus disesuaikan dengan informasi yang diterima, maka hal ini disebut *akomodasi*. Asimilasi dan akomodasi akan terjadi apabila seseorang mengalami *konflik kognitif* atau ketidakseimbangan antara apa yang telah diketahui dengan apa yang dilihat atau dialaminya sekarang. Contoh: Seorang anak sudah memahami prinsip-prinsip pengurangan. Ketika mempelajari prinsip pembagian, maka terjadi proses pengintegrasian antara prinsip pengurangan yang telah dikuasai dengan prinsip pembagian sebagai



informasi baru. Inilah yang disebut proses asimilasi. Jika anak tersebut diberikan soal tentang pembagian, maka situasi ini disebut akomodasi. Artinya anak tersebut sudah dapat mengaplikasikan atau memakai prinsip-prinsip pembagian dalam situasi yang baru dan spesifik.

Tugas guru dalam proses belajar mengajar adalah menyajikan materi yang harus dipelajari siswa sedemikian rupa sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan kognitif pada diri siswa. Dengan demikian ia akan berusaha untuk mengadaptasi informasi baru ke struktur kognitif yang telah ada (Worell and Stilwell, 1981).

Sebagaimana dijelaskan di atas, proses asimilasi dan akomodasi mempengaruhi struktur kognitif. Perubahan struktur kognitif merupakan fungsi dari pengalaman, dan kedewasaan anak terjadi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu. Menurut Piaget, proses belajar seseorang akan mengikuti pola dan tahap-tahap perkembangan sesuai dengan umurnya, dimana pola atau tahapan perkembangan ini bersifat hierarkis, artinya harus dilalui berdasarkan urutan tertentu dan seseorang tidak dapat belajar sesuatu yang berada diluar tahap kognitifnya.

Tahap-tahap perkembangan Intelektual

Piaget mengemukakan bahwa perubahan kognitif merupakan hasil proses perkembangan. Piaget dan kawan-kawannya menemukan bahwa :

- (1) kemampuan intelektual anak berkembang melalui tahap-tahap tertentu;
- (2) tahap-tahap ini terjadi dalam suatu urutan tertentu;
- (3) ada beberapa rentangan secara umum yang berkaitan dengan tahap-tahap ini, tetapi anak itu dapat dan sering bergerak melalui tahap-tahap ini pada umur yang berlainan;
- (4) perkembangan intelektual tidak sama untuk semua bidang keilmuan.

Untuk keperluan dan konseptualisasi pertumbuhan kognitif atau perkembangan intelektual. Piaget membagi perkembangan ini kedalam empat periode, yaitu sebagai berikut:



a) Periode Sensori Motor (0-2,0 tahun)

Pada periode ini tingkah laku anak bersifat motorik dan anak menggunakan sistem penginderaan untuk mengenal lingkungannya untuk mengenal objek. Pada waktu lahir anak hanya melakukan kegiatan-kegiatan refleksi. Gunarsa (1982:153) merinci periode ini kedalam enam sub masa perkembangan, yaitu sebagai berikut:

- (1) aktifitas refleksi atau modifikasi dari refleksi-refleksi: 0-1 bulan;
- (2) reaksi pengulangan pertama (koordinasi tangan dan mulut): 1-4 bulan;
- (3) reaksi pengulangan kedua (koordinasi tangan-mata): 4-10 bulan;
- (4) koordinasi reaksi-reaksi sekunder (pengkoordinasian dua skema): 0-12 bulan;
- (5) reaksi pengulangan ketiga (cara-cara baru melalui eksperimen yang dapat diikuti): 12-18 bulan;
- (6) permulaan berpikir (perkembangan internal, cara-cara baru melakukan kombinasi-kombinasi mental): 18-24 bulan.

Perubahan utama pada sensori motor ini adalah perkembangan bergerak dari kegiatan refleksi ke perlambangan.

b) Periode Pra Operasional (2,0 – 7,0 tahun)

Pada periode ini secara kualitatif, pemikiran anak merupakan kemajuan dari periode sensori motor. Pemikiran anak tidak lagi dibatasi oleh kejadian-kejadian perseptual dan motorik langsung. Pemikiran anak telah sungguh-sungguh simbolik dan urutan-urutan tingkah laku dapat dimunculkan dalam pikiran anak tidak terbatas pada kejadian-kejadian fisis dan nyata. Periode ini ditandai dengan perkembangan bahasa yang pesat (2-4 tahun), tingkah laku bersifat egosentrik dan non sosial (Gredler, 1992).

Pada periode ini anak dapat melakukan sesuatu sebagai hasil meniru atau mengamati sesuatu model tingkah laku dan mampu melakukan simbolisasi. Perhatian pada dua dimensi belum dapat dilakukan anak. Hal ini oleh Piaget diistilahkan dengan konsentrasi/memusat.



c) Periode Operasi Kongkrit (7,0 -11,0 tahun)

Pada periode ini, anak sudah mampu menggunakan operasi. Pemikiran anak tidak lagi didominasi oleh persepsi, sebab anak mampu memecahkan masalah kongkrit secara logis. Anak tidak lagi egosentris, ia dapat menerima pandangan orang lain dan bahasanya sudah komunikatif dan sosial. Pada periode ini, anak sudah dapat memecahkan masalah yang menyangkut konservasi dan kemampuan *reversibility*, mampu mengklasifikasi, tetapi belum dapat memecahkan masalah yang bersifat hipotetis.

d) Periode Operasi Formal (11,0 - > 15 tahun)

Periode operasi formal merupakan tingkat puncak perkembangan struktur kognitif. Anak remaja berpikir logis untuk semua jenis masalah hipotetis, masalah verbal, dan ia dapat menggunakan penalaran ilmiah dan dapat menerima pandangan orang lain.

Aspek-aspek yang Berhubungan dengan Perkembangan Kognitif

Piaget dalam Dahar (1989:156) mengemukakan ada empat aspek yang besar yang ada hubungannya dengan perkembangan kognitif. Keempat aspek tersebut, yaitu: (1) Pendewasaan; (2) Pengalaman fisik; (3) Interaksi sosial; dan (4) Ekuilibrase.

Pendewasaan merupakan pengembangan dari susunan syaraf, misalnya kemampuan mengepal dan menendang disebabkan oleh kematangan yang sudah dicapai oleh susunan syaraf dari individu.

Anak harus mempunyai pengalaman dengan benda-benda dan stimulus-stimulus dalam lingkungan tempat ia bereaksi terhadap benda-benda itu. Akomodasi dan asimilasi tidak dapat berlangsung kalau tidak ada interaksi antara individu dengan lingkungannya. Anak tidak hanya harus mempunyai pengalaman berinteraksi, tetapi juga ia harus mengadakan aksi kepada lingkungannya.

Interaksi sosial dalam pengertian disini adalah pertukaran ide (gagasan) antara individu dengan individu (teman sebaya, orangtua, guru, atau orang dewasa lainnya). Interaksi sosial ini penting dalam perkembangan konsep yang tidak mempunyai acuan fisik, misalnya konsep kejujuran sangat dipengaruhi oleh penerimaan orang lain.



Keseimbangan atau penyeimbangan dipandang sebagai suatu sistem pengaturan diri (internal) yang bekerja untuk menyelaraskan peranan pendewasaan/kematangan, pengalaman fisik, dan interaksi sosial.

Teori Jerome Bruner: Belajar Penemuan (*Discovery Learning*)

Jerome Bruner (1915) adalah seorang ahli psikologi perkembangan dan ahli psikologi belajar kognitif. Menurut Bruner belajar adalah cara-cara bagaimana orang memilih, mempertahankan, dan mentransformasi informasi secara aktif. Bruner memusatkan perhatiannya pada masalah apa yang dilakukan manusia dengan informasi yang diterimanya, dan apa yang dilakukannya sesudah memperoleh informasi untuk mencapai pemahaman yang memberikan kemampuan kepadanya.

Bruner mengemukakan bahwa belajar melibatkan tiga proses yang berlangsung hampir bersamaan. Ketiga proses itu adalah: (1) memperoleh informasi baru, (2) transformasi informasi, dan (3) menguji relevansi dan ketepatan pengetahuan.

Pandangannya terhadap belajar yang disebutnya sebagai konseptualisme instrumental itu, didasarkan pada dua prinsip, yaitu: (1) pengetahuan orang tentang alam didasarkan pada model-model tentang kenyataan yang dibangunnya, dan (2) model-model semacam itu mula-mula diadopsi dari kebudayaan seseorang, kemudian model-model itu diadaptasikan pada kegunaan bagi orang bersangkutan.

Pematangan intelektual atau pertumbuhan kognitif seseorang ditunjukkan oleh bertambahnya ketidaktergantungan respons dari sifat stimulus. Pertumbuhan itu tergantung pada bagaimana seseorang menginternalisasi peristiwa-peristiwa menjadi suatu *sistem simpan* yang sesuai dengan lingkungan. Pertumbuhan itu menyangkut peningkatan kemampuan seseorang untuk mengemukakan pada dirinya sendiri atau pada orang lain tentang apa yang telah atau akan dilakukannya.

J. Bruner mengemukakan teori belajar model instruksional kognitif yang sangat berpengaruh yang dikenal dengan nama *belajar penemuan (discovery learning)*, yaitu belajar melalui pengalaman sendiri, berusaha untuk mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna. Siswa hendaknya berpartisipasi aktif dengan



konsep-konsep dan prinsip-prinsip, mereka dianjurkan memperoleh pengalaman dan melakukan eksperimen-eksperimen yang memungkinkan mereka menemukan konsep/prinsip sendiri.

Menurut Bruner perkembangan kognitif seseorang terjadi melalui tiga tahap yang ditentukan oleh caranya melihat lingkungan, yaitu :

- (1) *tahap enaktif*, seseorang melakukan aktivitas-aktivitas dalam upayanya untuk memahami lingkungan sekitarnya. Artinya dalam memahami dunia sekitarnya anak menggunakan pengetahuan motorik, misalnya melalui gigitan, sentuhan, pegangan dan sebagainya;
- (2) *tahap ikonik*, seseorang memahami objek-objek atau dunianya melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal. Artinya anak belajar melalui bentuk perumpamaan dan perbandingan (komparasi);
- (3) *tahap simbolik*, seseorang telah mampu memiliki ide-ide atau gagasan-gagasan abstrak yang sangat dipengaruhi oleh kemampuannya dalam berbahasa dan logika. Dalam memahami dunia sekitarnya anak belajar melalui simbol-simbol bahasa, logika, matematika, dan sebagainya.

Menurut Bruner, perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan cara menyusun materi pelajaran dan menyajikannya sesuai dengan tahap perkembangan orang tersebut. Penataan materi dari umum ke rinci dikemukakan dalam model kurikulum spiral, merupakan bentuk penyesuaian antara materi yang dipelajari dengan tahap perkembangan kognitif orang yang belajar. Dengan kata lain perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan jalan mengatur bahan yang akan dipelajari dan menyajikannya sesuai dengan tingkat perkembangannya.

Beberapa keunggulan **belajar penemuan** (*Discovery Learning*) :

- (1) pengetahuan yang diperoleh akan bertahan lama dan lebih mudah diingat;
- (2) hasil belajar mempunyai efek transfer yang lebih baik, dengan kata lain konsep dan prinsip yang diperoleh lebih mudah diterapkan pada situasi-situasi baru;
- (3) meningkatkan penalaran siswa dan kemampuan untuk berpikir secara bebas, melatih keterampilan-keterampilan kognitif siswa untuk menemukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain.



Bagaimana cara menerapkan belajar penemuan di kelas sehingga diperoleh hasil yang maksimal, tentu tidak lepas dari peranan guru. Jika kita mengajarkan sains berarti kita ingin membuat anak kita berpikir secara sistematis, berperan serta dalam proses perolehan pengetahuan.

Peranan guru dalam **belajar penemuan** adalah sebagai berikut:

- (1) Merencanakan pelajaran sedemikian rupa sehingga pelajaran itu terpusat pada masalah-masalah yang tepat untuk diselidiki oleh siswa.
- (2) Menyajikan materi pelajaran yang diperlukan sebagai dasar bagi para siswa untuk memecahkan masalah.
- (3) Cara penyajian disesuaikan dengan taraf perkembangan kognitif siswa.
- (4) Bila siswa memecahkan masalahnya di laboratorium atau secara teoritis, hendaknya guru berperan sebagai pembimbing.
- (5) Penilaian hasil belajar penemuan meliputi pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar mengenai suatu bidang studi, dan kemampuan siswa untuk menerapkan prinsip-prinsip dasar itu pada situasi baru.

Teori David Ausubel: Belajar Bermakna

David Ausubel adalah seorang ahli psikologi pendidikan. Menurut Ausubel, belajar dapat diklasifikasikan ke dalam dua dimensi, yaitu:

Dimensi pertama berhubungan dengan cara informasi atau materi pelajaran disajikan pada siswa, melalui penerimaan atau penemuan.

Dimensi kedua menyangkut cara bagaimana siswa dapat mengaitkan informasi itu pada struktur kognitif yang telah ada. Struktur kognitif yang dimaksud adalah fakta-fakta, konsep-konsep dan generalisasi-generalisasi yang telah dipelajari dan diingat oleh siswa (Dahar, 1989:110).

Pada tingkat pertama dalam belajar, informasi dapat dikomunikasikan pada siswa baik dalam bentuk belajar penerimaan yang menyajikan informasi itu dalam bentuk final, maupun dengan bentuk belajar penemuan yang mengharuskan siswa untuk menemukan sendiri sebagian atau seluruh materi yang akan diajarkan.

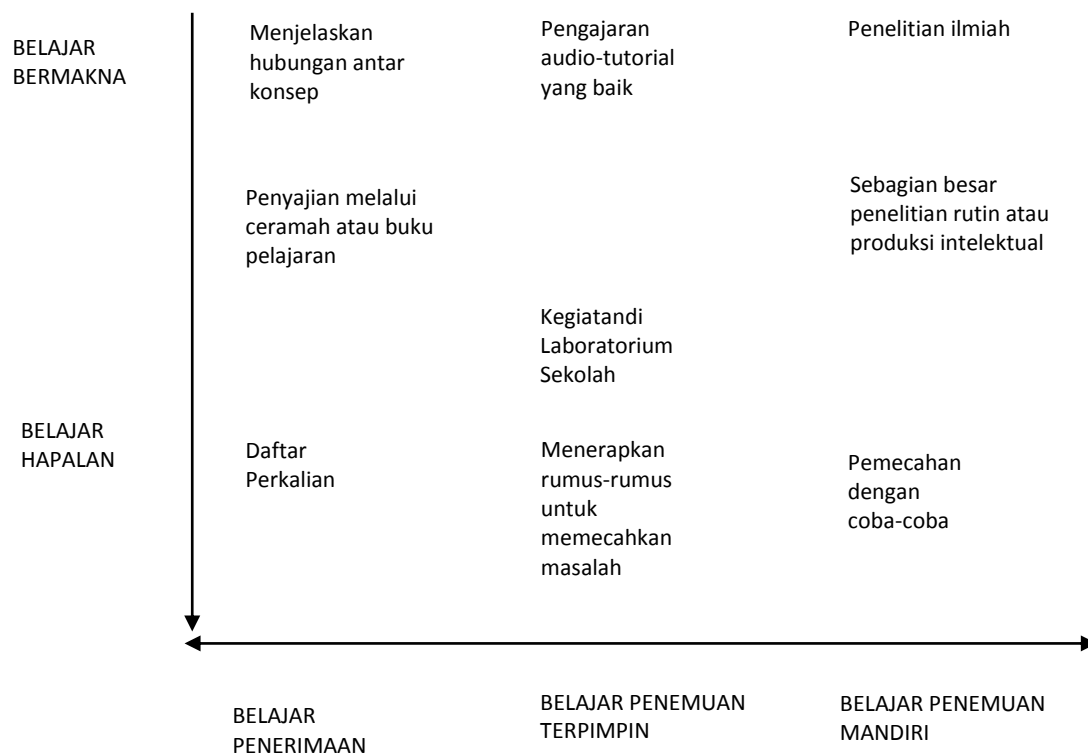
Pada tingkat kedua, siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi itu pada pengetahuan (berupa konsep atau lainnya) yang telah dimiliki sebelumnya, dalam



hal ini terjadi belajar bermakna. Akan tetapi siswa juga dapat mencoba-coba menghafalkan informasi baru itu, tanpa menghubungkannya pada konsep-konsep yang telah ada dalam struktur kognitifnya, dalam hal ini terjadi belajar hafalan.

Pada saat guru menjelaskan materi, dapat terjadi dua dimensi, pertama dapat terjadi *belajar bermakna*, yaitu apabila siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi yang diterima dengan konsep-konsep yang telah ada/ yang telah dimiliki sebelumnya. Dapat pula hanya *penerimaan informasi* saja tanpa mengaitkan dengan konsep-konsep yang telah ada atau yang dikenal dengan belajar hafalan.

Walaupun demikian, belajar hafalan dapat pula menjadi bermakna yaitu dengan cara menjelaskan hubungan antara konsep-konsep. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan bagan dibawah ini :



Gambar 3. Kontinum belajar hafalan bermakna, belajar penerimaan dan penemuan (Novak,1980)

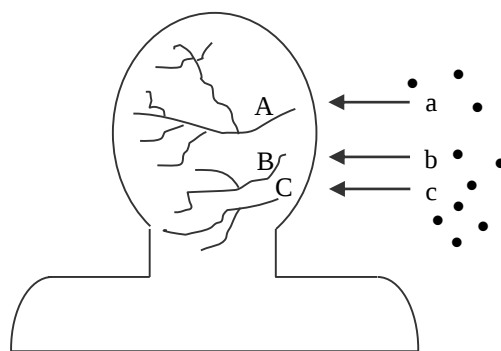


Sepanjang garis mendatar, dari kiri ke kanan terdapat berkurangnya belajar penerimaan, dan bertambahnya belajar penemuan, sedangkan sepanjang garis vertikal dari bawah ke atas terjadi berkurangnya belajar hafalan dan bertambahnya belajar bermakna.

Inti dari teori Ausubel tentang belajar adalah *belajar bermakna* yang merupakan suatu proses mengaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Pada seorang anak, pembentukan konsep merupakan proses utama untuk membentuk konsep-konsep. Telah kita ketahui, bahwa pembentukan konsep adalah semacam belajar penemuan yang menyangkut baik pembentukan hipotesis dan pengujian hipotesis maupun pembentukan generalisasi dari hal-hal yang khusus.

Pada saat usia masuk sekolah tiba, pada umumnya anak telah mempunyai kerangka konsep-konsep yang memungkinkan terjadinya belajar bermakna. Bila dalam struktur kognitif seseorang tidak terdapat konsep-konsep relevan, maka informasi baru dipelajari secara hafalan, dan bila tidak dilakukan usaha untuk mengasimilasikan pengetahuan baru pada konsep-konsep relevan yang sudah ada dalam struktur kognitif, akan terjadi belajar hafalan.

Proses Belajar Bermakna



Gambar 4. Subsumer A, B, C

Pada gambar di samping, informasi baru a, b, c, dikaitkan pada konsep yang relevan dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Subsumer A lebih banyak mengalami diferensiasi lebih banyak daripada subsumer B atau C (Novak, 1977 dalam Dahar, 1989: 113)

Selama belajar bermakna berlangsung, informasi baru a, b, b, terkait pada konsep-konsep dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Untuk menekankan pada fenomena pengaitan itu Ausubel mengemukakan istilah *subsumer*. Subsumer memegang peranan dalam proses perolehan informasi baru. Dalam



belajar bermakna subsumer mempunyai peranan interaktif, memperlancar gerakan informasi yang relevan melalui penghalang-penghalang perseptual dan menyediakan suatu kaitan antara informasi yang baru diterima dengan pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya. Proses interaktif antara materi yang baru dipelajari dengan subsumer-subsumer inilah yang menjadi inti teori belajar asimilasi Ausubel. Proses ini disebut proses **subsumsi**.

Selama belajar bermakna, subsumer mengalami modifikasi dan terdiferensiasi lebih lanjut. Diferensiasi subsumer-subsumer diakibatkan oleh asimilasi pengetahuan baru selama belajar bermakna berlangsung. Informasi yang dipelajari secara bermakna biasanya lebih lama diingat dari pada informasi yang dipelajari secara hafalan.

Menurut Ausubel dan juga Novak (1977), ada tiga kebaikan belajar bermakna, yaitu:

- (1) Informasi yang dipelajari secara bermakna lebih lama dapat diingat.
- (2) Informasi yang tersubsumsi berakibatkan peningkatan diferensiasi dari subsumer-subsumer, jadi memudahkan proses belajar berikutnya untuk materi pelajaran yang mirip.
- (3) Informasi yang dilupakan sesudah subsumsi obliteratif (subsumsi yang telah rusak), meninggalkan efek residual pada subsumer, sehingga mempermudah belajar hal-hal yang mirip walaupun telah terjadi lupa.

Pengembangan konsep berlangsung paling baik bila unsur-unsur yang paling umum, paling inklusif dari suatu konsep diperkenalkan terlebih dahulu, dan kemudian baru diberikan hal-hal yang lebih rinci dan khusus dari konsep tersebut. Dengan perkataan lain **model belajar menurut Ausubel umumnya berlangsung dari umum ke khusus**. Ausubel berkeyakinan bahwa belajar merupakan proses **deduktif**.

Dalam strategi mengajar deduktif, guru mengajarkan konsep-konsep yang paling inklusif dahulu, kemudian konsep-konsep yang kurang inklusif dan seterusnya. Proses penyusunan konsep semacam ini disebut **diferensial progresif atau konsep-konsep disusun secara hierarki**, hal ini diterjemahkan oleh Novak sebagai **peta konsep**.



Gagasan/pandangan belajar dari Ausubel yang menekankan pada belajar terjadi melalui penerimaan memberikan konsekuensi pada cara/metode penyajian dalam mengajar. Ausubel memberikan sebutan pada cara penyajian itu dengan pengajaran **expository**.

Pada pengajaran *expository* terdapat 4 ciri utama, yaitu:

- (1) Interaksi guru-siswa, walaupun guru lebih dominan dalam menyajikan materi, ide-ide/gagasan awal siswa harus menjadi bahan pertimbangan utama dalam pembahasan selanjutnya dalam setiap pengajaran.
- (2) Buatlah contoh-contoh untuk setiap konsep, walaupun penekanan belajar pada belajar bermakna secara verbal, pemberian contoh-contoh seperti dalam gambar dan diagram sangatlah diperlukan.
- (3) Penyajian bentuk deduktif. Dalam penyajian materi hendaknya diperkenalkan terlebih dahulu konsep-konsep umum dan inklusif, baru kemudian contoh-contoh yang lebih khusus.
- (4) Penyajian secara hierarkis. Penyajian bentuk ini menekankan penyajian materi secara hierarkis, misalnya sebelum menguraikan materi secara rinci, terlebih dahulu kita uraikan materi secara keseluruhan, sehingga siswa mampu menangkap struktur atau kedudukan sesuatu pada batang tubuh materi yang sedang dibahasnya.

Untuk menerapkan ciri-ciri pembelajaran seperti disarankan oleh Ausubel, strategi penyajian materi haruslah berbentuk **Advance Organizer (pengaturan awal)**. Advance Organizer akan berfungsi sebagai suatu **Cognitive Bridge (jembatan pengetahuan)** yang akan menguatkan struktur kognitif siswa yang dapat menjadikan informasi-informasi baru dapat dengan mudah diasimilasikan. Advance Organizer akan mengarahkan siswa ke materi yang akan dipelajari dan menolong mereka untuk mengingat kembali informasi yang berhubungan, yang dapat digunakan membantu menanamkan pengetahuan baru.

Variabel-variabel yang mempengaruhi belajar bermakna

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi belajar bermakna ialah: (1) struktur kognitif yang ada, (2) stabilitas dan kejelasan pengetahuan dalam suatu bidang studi tertentu dan (3) pada waktu tertentu.



Sifat-sifat struktur kognitif menentukan validitas dan kejelasan arti-arti yang timbul waktu informasi itu masuk ke dalam struktur kognitif itu, jika struktur kognitif itu stabil, jelas dan diatur dengan baik, maka akan timbul arti-arti yang jelas, sah atau tidak meragukan dan cenderung akan bertahan. Tetapi sebaliknya, jika struktur kognitif itu tidak stabil, meragukan dan tidak teratur, maka struktur kognitif itu cenderung menghambat belajar.

Prasyarat-prasyarat dari belajar bermakna adalah sebagai berikut:

- (1) Materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial.
- (2) Anak yang akan belajar harus bertujuan untuk melakukan belajar bermakna, mempunyai kesiapan dan niat untuk belajar bermakna.

Kebermaknaan materi pelajaran secara potensial tergantung pada dua faktor, yaitu:

- (1) Materi harus memiliki kebermaknaan logis yaitu materi yang konsisten, ajeg dan substantif yaitu dapat dinyatakan dalam berbagai cara, tanpa mengubah arti,
- (2) Gagasan-gagasan yang relevan harus terdapat dalam struktur kognitif siswa.

Teori Gagne

Teori belajar yang dikemukakan oleh Robert M. Gagne (1985) merupakan perpaduan antara konsep behaviorisme dan kognitivisme, yang berpangkal pada teori proses informasi. Menurut Gagne, cara berpikir seseorang tergantung pada: (1) keterampilan apa yang telah dipunyainya, (2) keterampilan serta hirarki apa yang diperlukan untuk mempelajari suatu tugas.

Selanjutnya Gagne berpendapat bahwa di dalam proses belajar terdapat dua fenomena, yaitu: (1) keterampilan intelektual yang meningkat sejalan dengan meningkatnya umur serta latihan yang diperoleh individu, dan (2) belajar akan lebih cepat apabila strategi kognitif dapat dipakai dalam memecahkan masalah secara lebih efisien.

Gagne (1985), menyebutkan adanya lima macam hasil belajar yaitu: *Keterampilan intelektual, Strategi kognitif, Informasi verbal, Keterampilan motorik dan Sikap.*



(1) Keterampilan Intelektual

Keterampilan Intelektual atau pengetahuan prosedural yang mencakup belajar diskriminasi, konsep, prinsip, dan pemecahan masalah, yang kesemuanya diperoleh melalui materi yang disajikan di sekolah.

Menurut Gagne (1985), terdapat hierarki keterampilan intelektual yang berbeda. Setiap keterampilan pada hierarki tersebut merupakan prasyarat yang harus dikuasai siswa untuk mempelajari keterampilan-keterampilan berikutnya. Keterampilan intelektual sederhana ke kompleks tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Keterampilan dan Deskripsinya

Jenis Keterampilan	Deskripsi
1. Belajar diskriminasi	Siswa merespon perbedaan dan persamaan dari objek. Misalnya bentuk, warna, ukuran dari objek tersebut.
2. Belajar konsep a. Konsep konkrit	Siswa mengidentifikasi objek atau peristiwa sebagai suatu anggota dari kelompok suatu objek, misalnya suatu objek berbentuk bulat, contohnya uang logam, ban mobil. Kemudian siswa dapat menunjukkan dua atau lebih dari anggota objek yang berbentuk bulat.
b. Konsep terdefinisi	Konsep ini dapat dipelajari siswa melalui aturan, contohnya siswa belajar konsep basa. Bila ia meneteskan kertas lakmus merah dengan zat bersifat basa itu, dan ia melihat perubahan pada kertas lakmus merah yang berubah menjadi biru.
3. Belajar aturan	Siswa dapat merespon pada suatu kelompok situasi dengan sejumlah penampilan yang menggambarkan suatu hubungan, contohnya siswa menghitung massa rumus senyawa yang dihitung dengan menjumlahkan massa atom relatif dari atom-atom yang menyusun molekul senyawa itu.
Belajar aturan tingkat tinggi	Siswa mengkombinasikan aturan-aturan yang menjadi sub ordinat untuk memecahkan masalah.

(2) Strategi kognitif

Strategi Kognitif, yaitu kemampuan untuk memecahkan masalah-masalah baru dengan jalan mengatur proses internal masing-masing individu dalam memperhatikan, belajar, mengingat dan berpikir.

Sebagai contoh apabila siswa menggunakan metode kata kunci untuk mengingat arti dari istilah-istilah dalam biologi, maka siswa akan menggunakan strategi kognitif untuk pengkodean informasi tersebut.



Kondisi belajar yang harus diperhatikan ketika proses belajar adalah sebagai berikut.

- Siswa harus memiliki beberapa materi atau masalah untuk dapat bekerja sehingga dapat dilatihkan.
- Siswa harus mendapat kejelasan dari deskripsi strategi yang memungkinkan dipilih.
- Siswa harus berlatih strategi kognitif dalam berbagai situasi dan dengan permasalahan baru.

(3) Informasi verbal

Informasi verbal, yaitu kemampuan untuk mendeskripsikan sesuatu dengan kata-kata dengan jalan mengatur informasi-informasi yang relevan. Kondisi *internal* yang harus diperhatikan guru adalah bahwa siswa harus memiliki suatu kumpulan pengetahuan yang terorganisasi (struktur kognitif) dan strategi-strategi untuk memproses (*encoding*) informasi baru. Sedangkan kondisi *eksternal* yang harus diperhatikan guru antara lain adalah tujuan belajar informasi verbal harus jelas dan materi baru harus disajikan secara bermakna, sehingga siswa dapat memrosesnya.

(4) Informasi verbal

Keterampilan motorik, yaitu kemampuan untuk melaksanakan dan mengkoordinasikan gerakan-gerakan yang berhubungan dengan otot.

Dalam keterampilan motorik, terdapat dua komponen, yaitu komponen pertama adalah aturan yang menggambarkan bagaimana membuat gerakan, sedangkan komponen kedua adalah memperagakan gerakan itu sendiri, misalnya menggunakan mikroskop.

Kondisi belajar yang harus diperhatikan guru, adalah:

- memberikan arahan, seringkali dalam bentuk verbal, penjelasan urutan dari langkah-langkah suatu kegiatan/gerakan.
- memberikan umpan balik yang segera terhadap penampilan yang tepat yang telah diperagakan siswa.
- memberikan latihan sesering mungkin untuk menanggulangi gerakan.



(5) Sikap

Sikap, yaitu suatu kemampuan internal yang mempengaruhi tingkah laku seseorang, dan didasari oleh emosi, kepercayaan-kepercayaan serta faktor intelektual. Belajar menurut Gagne tidak merupakan sesuatu yang terjadi secara alamiah, tetapi hanya akan terjadi dengan adanya kondisi tertentu, yaitu *kondisi internal* dan *kondisi eksternal*. Kondisi internal, antara lain yang menyangkut kesiapan siswa dan apa yang telah dipelajari sebelumnya (prerequisit), sedangkan kondisi eksternal merupakan situasi belajar dan penyajian stimulus yang secara sengaja diatur oleh guru dengan tujuan memperlancar proses belajar. Tiap-tiap jenis hasil belajar tersebut di atas memerlukan kondisi-kondisi tertentu yang perlu diatur dan dikontrol. Perbandingan teori belajar Piaget, Bruner, Ausubel tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Teori Belajar Piaget, Bruner, Ausubel

PIAGET	BRUNER	AUSUBEL
Proses belajar terjadi menurut pola tahap-tahap perkembangan tertentu sesuai umur pebelajar	Proses belajar terjadi lebih ditentukan oleh cara kita mengatur materi pelajaran, dan bukan ditentukan oleh umur pebelajar	Proses belajar terjadi bila pebelajar mampu mengasimilasikan pengetahuan yang dia miliki dengan pengetahuan yang baru
Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap
Asimilasi (proses penyesuaian pengetahuan baru dengan struktur kognitif pebelajar)	Enaktif (aktivitas pebelajar untuk memahami lingkungan)	Memperhatikan stimulus yang diberikan
Akomodasi (proses penyesuaian struktur kognitif pebelajar dengan pengetahuan baru)	Ionik (pebelajar melihat dunia melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal)	Memahami makna stimulus
Equilibrasi (proses penyeimbangan mental setelah ter-jadi proses asimilasi/akomodasi)	Simbolik (pebelajar memahami gagasan-gagasan abstrak)	Menyimpan dan menggunakan informasi yang sudah dipahami

3) Teori Konstruktivisme.

Menurut pandangan *konstruktivisme* pengetahuan yang dimiliki oleh setiap individu adalah hasil konstruksi secara aktif dari individu itu sendiri. Individu tidak



sekedar mengimitasi dan membentuk bayangan dari apa yang diamati atau diajarkan guru, tetapi secara aktif individu itu menyeleksi, menyaring, memberi arti dan menguji kebenaran atas informasi yang diterimanya (Indrawati, 2000: 34).

Pengetahuan yang dikonstruksi individu merupakan hasil interpretasi yang bersangkutan terhadap peristiwa atau informasi yang diterimanya. Para pendukung konstruktivisme berpendapat bahwa pengertian yang dibangun setiap individu siswa) dapat berbeda dari apa yang diajarkan guru (Bodner, 1987 dalam Indrawati, 2000: 34). Lain halnya dengan Paul Suparno (1997: 6) mengemukakan bahwa menurut konstruktivis, belajar itu merupakan proses aktif pembelajar mengkonstruksi arti (teks, dialog, pengalaman fisis, dan lain-lain). Belajar juga merupakan proses mengasimilasi dan menghubungkan pengalaman atau bahan yang dipelajari dengan pengertian yang sudah dimiliki seseorang sehingga pengertiannya dikembangkan (Indrawati, 2000: 34).

Beberapa ciri proses belajar konstruktivisme:

- (1) Belajar berarti membentuk makna.
- (2) Konstruksi artinya adalah proses yang terus menerus.
- (3) Belajar bukanlah kegiatan mengumpulkan fakta melainkan lebih dari itu, yaitu pengembangan pemikiran dengan membuat pengertian baru.
- (4) Proses belajar yang sebenarnya terjadi pada waktu skema seseorang dalam keraguan yang merangsang pemikiran lebih lanjut. Situasi ketidakseimbangan adalah situasi yang baik untuk memacu belajar.
- (5) Hasil belajar dipengaruhi oleh pengalaman pembelajar dengan dunia fisik lingkungannya.
- (6) Hasil belajar seseorang tergantung pada apa yang telah diketahui si pembelajar (konsep, tujuan, motivasi) yang mempengaruhi interaksi dengan bahan yang dipelajari (Paul Suparno, 1997: 61) dalam Indrawati, 2000: 34-35)

Dengan memahami pandangan konstruktivisme, maka karakteristik iklim pembelajaran yang sesuai adalah :

- Siswa tidak dipandang sebagai sesuatu yang pasif, melainkan individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.



- Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
- Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.

Iklim pembelajaran di atas menuntut para guru untuk:

- (1) Mengetahui dan mempertimbangkan pengetahuan awal siswa (*apersepsi*),
- (2) Melibatkan siswa dalam kegiatan aktif (*student center*),
- (3) Memperhatikan interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok.

D. Aktivitas Pembelajaran

Untuk lebih memahami tentang hakikat IPA dan pendidikan IPA serta teori-teori belajar, Anda dapat membaca berbagai artikel, handout atau sumber bacaan yang lebih lengkap. Setelah itu kerjakan kegiatan berikut sesuai lembar kegiatan yang tersedia.

Lembar Kegiatan 1.

Hakikat IPA dan Pendidikan IPA

Diskusikan dalam kelompok perbedaan antara prinsip, konsep, teori dan hukum, carilah contoh prinsip, konsep, teori dan hukum di dalam pembelajaran kimia baik di kelas X, XI atau XII. Anda dapat mencari dari buku pelajaran, atau sumber lainnya. Catat hasilnya pada kolom berikut ini

Materi Kimia	Prinsip	Teori	Konsep	Hukum
Kelas X				Hukum Dalton
Kelas XI				
Kelas XII				



Lembar Kegiatan 2.

Teori-Teori Belajar

Tujuan Kegiatan: Melalui diskusi kelompok peserta mampu mendeskripsikan jenis-jenis teori belajar sesuai dengan pembelajaran IPA.

Langkah Kegiatan:

1. Pelajari *handout* tentang teori belajar, RPP dan buku kimia.
2. Isilah lembar kerja yang tersedia sesuai intruksi kerjanya.
3. Identifikasi langkah pembelajaran yang tertera pada RPP Kimia.
4. Isilah format kajian materi pada modul seperti contoh.
5. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
6. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Format Kajian

No	Nama Teori Belajar	Uraian Singkat	Contoh Konsep Kimia	Penjelasan
1				
2				
3				



E. Latihan/Kasus/Tugas

Carilah informasi tentang teori konstruktivisme dalam pembelajaran.

1. Identifikasi contoh prinsip, konsep, fakta dan hukum pada materi subyek kimia SMA. Jelaskan masing-masing .
2. Buatlah deskripsi teori konstruktivisme dalam pembelajaran kimia, berikan contohnya.

F. Rangkuman

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi. Sains adalah sekumpulan pengetahuan kealaman (konsep, prinsip, hukum, teori) dimana suatu pengetahuan dengan pengetahuan lainnya memiliki hubungan sebab akibat yang tumbuh sebagai hasil eksperimen dan observasi yang dapat dilakukan melalui metode tertentu yang dapat diuji kebenarannya dengan kondisi dan syarat-syarat batas yang sama bila dilakukan di tempat lain oleh orang lain yang ingin mengujinya.

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai *teori-teori belajar*, yaitu: *teori belajar behaviorisme*, *teori belajar kognitivisme*, dan *teori belajar konstruktivisme*.

Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses dimana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.

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

RAMBU-RAMBU

No 1. Untuk menghasilkan tugas menentukan contoh prinsip, konsep, teori dan hukum pada pembelajaran kimia, pelajari uraian materi pada modul dan buku kimia dan pelajari juga rubrik berikut.

Rubrik

PERINGKAT	NILAI	KRITERIA
Amat Baik (AB)	$90 < AB \leq 100$	1. Memuat contoh prinsip kimia di kelas X, XI, XII yang benar 2. Memuat contoh teori kimia di kelas X, XI, XII yang benar 3. Memuat contoh konsep kimia di kelas X, XI, XII yang benar 4. Memuat contoh hukum kimia di kelas X, XI, XII yang benar
Baik (B)	$80 < B \leq 90$	Ada 3 aspek sesuai dengan kriteria, 1 aspek kurang sesuai
Cukup (C)	$70 < C \leq 80$	Ada 2 aspek sesuai dengan kriteria, 2 aspek kurang sesuai
Kurang (K)	≤ 70	Ada 1 aspek sesuai dengan kriteria, 3 aspek kurang sesuai

No 2. Untuk menghasilkan tugas mendeskripsikan jenis-jenis teori belajar sesuai dengan pembelajaran IPA pelajari uraian materi pada modul, RPP dan buku kimia dan pelajari juga rubrik berikut.

Rubrik

PERINGKAT	NILAI	KRITERIA
Amat Baik (AB)	$90 < AB \leq 100$	1. Memuat tiga macam teori belajar 2. Uraian teori belajar diuraikan dengan singkat dan benar 3. Contoh konsep kimia sesuai dengan teori belajar 4. Penjelasan keterkaitan contoh dengan teori
Baik (B)	$80 < B \leq 90$	Ada 3 aspek sesuai dengan kriteria, 1 aspek kurang sesuai
Cukup (C)	$70 < C \leq 80$	Ada 2 aspek sesuai dengan kriteria, 2 aspek kurang sesuai
Kurang (K)	≤ 70	Ada 1 aspek sesuai dengan kriteria, 3 aspek kurang sesuai



EVALUASI

1. Hakekat ilmu kimia merupakan salah satu topik pada mata pelajaran kimia di SMA/MA. Pernyataan yang tepat tentang ilmu kimia adalah ilmu yang
 - A. mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan penalaran.
 - B. mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat penalaran.
 - C. mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan penalaran.
 - D. mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan sikap ilmiah.
2. IPA diperlukan dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan manusia melalui pemecahan masalah-masalah yang dapat diidentifikasi. Pada hakikatnya IPA terdiri dari tiga komponen, yaitu
 - A. sikap ilmiah, proses ilmiah, dan produk ilmiah
 - B. inkuiri ilmiah, proses ilmiah, dan produk ilmiah
 - C. inkuiri ilmiah, sikap ilmiah, dan produk ilmiah
 - D. sikap ilmiah, proses ilmiah dan fakta ilmiah
3. Laju reaksi dalam kimia, dapat dikategorikan sebagai
 - A. konsep
 - B. prinsip
 - C. teori
 - D. hukum
4. Dalam kimia dikemukakan pernyataan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Pernyataan ini merupakan
 - A. konsep
 - B. prinsip



- C. teori
 - D. hukum
5. Penyajian materi pada pembelajaran konstruktivisme biasanya diawali dengan mengetahui
- A. prasyarat pengetahuan siswa
 - B. pekerjaan rumah siswa
 - C. konsepsi awal siswa
 - D. hasil diskusi siswa
6. Salah satu teori belajar yang dirujuk saat ini adalah teori konstruktivisme. Prinsip pembelajaran konstruktivisme, siswa
- A. membangun pemahaman oleh diri sendiri dari pengalaman-pengalaman baru berdasarkan pada pengalaman sebelumnya
 - B. bekerjasama dengan orang lain untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerja sama
 - C. belajar bertanggungjawab melalui kegiatan eksplorasi dan sosialisasi
 - D. bekerjasama dengan orang lain untuk menciptakan pembelajaran adalah lebih baik dibandingkan dengan belajar sendiri.
7. Dalam teori belajar menurut Piaget ada suatu proses yaitu proses penyesuaian struktur kognitif pembelajar dengan pengetahuan baru. Nama proses tersebut adalah....
- A. Enaktif
 - B. Asimilasi
 - C. Akomodasi
 - D. Equilibrasi
8. Periode Operasi Konkrit terdapat pada anak pada rentang usia....
- A. 11,0 - > 15 tahun
 - B. 7,0 -11,0 tahun
 - C. 2,0 – 7,0 tahun
 - D. 0 – 2,0 tahun



9. Banyak definisi belajar yang dikemukakan pada pakar pendidikan, salah satunya adalah proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrisasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi). Teori tersebut adalah pendapat ...
- A. Gagne
 - B. Piaget
 - C. Ausubel
 - D. Bandura
10. Berikut ini iklim pembelajaran yang sesuai dengan pandangan konstruktivisme *kecuali* ...
- A. Siswa dipandang sebagai individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
 - B. Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
 - C. Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.
 - D. tidak perlu interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok



PENUTUP

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

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi B 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

- Friedl, Alfred E., 1986, *Teaching Science to Children: An Integrated Approach*, New York: Random House
- Joyce and Weil, 1986, *Models of Teaching*, Second Edition, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- , 1992, *Models of Teaching*, Fourt Edition, Boston: Allyb and Bacon.
- 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
- Poppy K. Devi. 2015. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Mata Pelajaran Kimia tahun 2015. Pusbangprodik, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Tim Pengembang. 2013. *Modul Implementasi Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta. Pusbangprodik



GLOSARIUM

IPA	: pengetahuan yang telah mengalami pengujian kebenarannya melalui metode ilmiah, dengan ciri objektif, metodik, sistematis, universal, dan tentatif
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 SMA/MA 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
Pembelajaran	: proses interaksi antarpeserta didik, antara peserta didik dengan tenaga pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar
Peserta didik:	: anggota masyarakat yang berusaha mengembangkan potensi diri melalui proses pembelajaran yang tersedia pada jalur, jenjang, dan jenis pendidikan tertentu.
Prinsip	: suatu pernyataan fundamental atau kebenaran umum maupun individual yang dijadikan oleh seseorang /kelompok sebagai sebuah pedoman untuk berpikir atau bertindak
Science Literacy	: memahami IPA (sains) dan mengaplikasikannya bagi kebutuhan masyarakat





**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

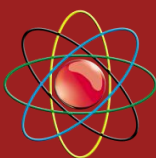
**MATA PELAJARAN KIMIA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI B

IKATAN KIMIA, STOIKIOMETRI 2, REDOKS 2, DAN pH

Penulis :

Dra. Rella Turella, 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 B

IKATAN KIMIA, STOIKIOMETRI 2, REDOKS 2 DAN pH

Penulis:

Dra. Rella Turella, 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 B

IKATAN KIMIA, STOIKIOMETRI 2, REDOKS 2, DAN pH

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penyusun

Dra. Rella Turella, M.Pd

022-4231191 rellaturella@yahoo.com

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

022-4231191 yayusrhy@gmail.com

Sumarni Setiasih, S.Si, M.Pkim.,

022-4231191 enni_p3gipa@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

Retzy Noer Azizah, S.Si, 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

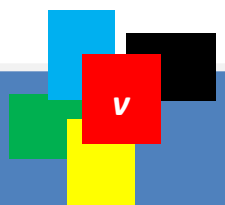
KATA PENGANTAR

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	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. PETA KOMPETENSI	2
D. RUANG LINGKUP	3
E. CARA PENGGUNAAN MODUL	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. IKATAN KIMIA	7
A. TUJUAN	7
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	8
C. URAIAN MATERI	8
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	23
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	27
F. RANGKUMAN	27
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	28
II. STOIKIOMETRI 2	29
A. TUJUAN	30
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	30
C. URAIAN MATERI	30
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	46
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	48
F. RANGKUMAN	50
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	50
III. REDOKS 2	51
A. TUJUAN	51
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	51
C. URAIAN MATERI	52



D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	66
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	77
F. RANGKUMAN	81
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	81
IV. PH LARUTAN	83
A. TUJUAN	83
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI	84
C. URAIAN MATERI	84
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN	107
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS	111
F. RANGKUMAN	113
G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT	113
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	115
EVALUASI	117
PENUTUP	125
DAFTAR PUSTAKA	127
GLOSARIUM	133

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1.1	Perbedaan utama antara senyawa ion dengan senyawa kovalen	19
Tabel 1.2	Perbandingan sifat-sifat fisis logam dengan non logam	21
Tabel 2.1	Volum beberapa gas untuk setiap 1 mol gas	35
Tabel 3.1	Daftar Potensial Reduksi pada 25 °C Standar	60
Tabel 4.1	K _w pada beberapa suhu	85
Tabel 4.2	Konstanta ionisasi beberapa asam lemah	87
Tabel 4.3	pH beberapa bahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari	89
Tabel 4.4	Hubungan [H ₃ O ⁺] atau [H ⁺], pH, [OH ⁻], dan pOH	92



Tabel 4.5	Komponen Indikator Universal	97
Tabel 4.6	Contoh indikator alam dan perubahan warnanya	99
Tabel 4.7	Harga pK_{ind} beberapa indikator	100
Tabel 4.8	Trayek pH beberapa indikator	101
Table 4.9	Perubahan Warna Indikator dan Trayek pH	101

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1.1	Pembentukan ikatan ion pada NaCl	10
Gambar 1.2	Pembentukan ikatan kovalen pada H_2	11
Gambar 1.3	Ikatan kovalen koordinasi pada ion hidronium	11
Gambar 1.4	Ikatan kovalen koordinasi pada ion ammonium	12
Gambar 1.5	Ikatan ion dan kovalen pada natrium asetat	12
Gambar 1.6	Ikatan kovalen nonpolar pada Br_2 serta ikatan kovalen polar pada HCl, dan CO	13
Gambar 1.7	Struktur Lewis CH_4 , NH_3 , H_2O , dan CO_2	14
Gambar 1.8	Struktur Logam menurut Teori “Lautan Elektron”	20
Gambar 2.1	Satu mol dari beberapa unsur berlawanan arah jarum jam dari kiri bawah: Tembaga, besi belerang, merkuri dan karbon	31
Gambar 2.2	Interkonversi massa zat, jumlah mol, dan jumlah partikel	31
Gambar 2.3	Hubungan antar massa (dalam gram) suatu unsur dan jumlah mol unsur tersebut, serta antara jumlah mol suatu unsur dan jumlah atom unsur tersebut	34
Gambar 2.4	Interkonversi massa zat, jumlah mol, dan jumlah partikel dan volume molar	36
Gambar 3.1	Percobaan reaksi redoks	52



Gambar 3.2	(a) Sel Galvani Jembatan garam (tabung U terbalik) berisi larutan Na_2SO_4 berfungsi sebagai medium penghantar listrik di antara kedua larutan. Arus elektron mengalir keluar dari elektroda Zn (anoda) menuju elektroda Cu (katoda), (b) keadaan anoda Zn dan Katoda Cu setelah terjadi reaksi.	54
Gambar 3.3	Sel Galvani. Jembatan garam (tabung U terbalik) yang berisi larutan KCl sebagai media penghantar antara dua larutan. Ujung pada tabung U ditutup kapas untuk mencegah larutan KCl mengalir ke dalam wadah ketika anion dan kation bergerak. Elektron mengalir dari elektroda Zn (anoda) ke elektroda Cu (katoda)	55
Gambar 3.4	Sel volta berdasarkan persamaan reaksi (1)	57
Gambar 3.5	Mengukur potensial standar elektroda Zn^{2+}/Zn (a) dan Cu^{2+}/Cu (b)	58
Gambar 3.6	Meramalkan apakah suatu reaksi redoks berlangsung spontan atau tidak spontan.	64
Gambar 3.7	Korosi Besi. A) tampilan dekat dari permukaan besi. Korosi biasanya terjadi pada permukaan yang tidak teratur. B) Sebuah gambaran skematis dari area kecil permukaan, menunjukkan langkah-langkah dalam proses korosi.	65
Gambar 4.1	Pengukuran pH bahan kimia dirumah berupa asam lemah dengan indikator universal	83
Gambar 4.2	pH minuman ringan diukur dengan pH meter modern	88
Gambar 4.3	Macam-macam pH meter digital	91
Gambar 4.4	Lakmus merah dan biru	94
Gambar 4.5	Perubahan struktur molekul fenolftalein	96
Gambar 4.6	Perubahan warna indikator fenolftalein	97
Gambar 4.7	Kertas indikator universal	98
Gambar 4.8	Larutan Indikator Universal	98
Gambar 4.9	Contoh bahan alam yang dapat dijadikan indikator	99
Gambar 4.10	Pengujian indikator alam	99

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 pedagogik, 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 Guru Pembelajar yang berjudul “Ikatan Kimia, Stoikiometri 2, Redoks 2, dan pH” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada kelompok kompetensi B. 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.

Pada modul B ini, pada bagian pendahuluan diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru pembelajar setelah mengikuti pembelajaran. Peta kompetensi yang harus dikuasai guru pada modul B, 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 Ikatan Kimia, Stoikiometri 2, Redoks 2, dan pH.

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 Pencapaian Kompetensi
20.1 memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.1 menjelaskan proses pembentukan ikatan ion dan ikatan kovalen. 20.1.2 menentukan senyawa yang memiliki ikatan ion, kovalen dan kovalen koordinasi. 20.1.3 mengidentifikasi hubungan ikatan kimia dengan sifat fisik senyawa. 20.1.4 menjelaskan ikatan logam serta interaksi antar partikel.
20.1 memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.1 menentukan kadar unsur dalam suatu senyawa 20.1.2 menentukan massa zat atau volum gas menggunakan konsep massa molar dan volume molar gas 20.1.3 menentukan rumus molekul dan rumus empiris suatu senyawa 20.1.4 menentukan rumus senyawa anhidrat yang dihasilkan suatu proses pemanasan 20.1.5 menghitung kadar zat (persentase massa, persentase volume, bagian per juta atau part per million, molaritas, molalitas, fraksi mol).
20.1 memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.6 menjelaskan konsep sel volta 20.1.7 mendeskripsikan diagram sel volta 20.1.8 menjelaskan reaksi redoks pada sel volta 20.1.9 mengurutkan unsur-unsur pada deret volta 20.1.10 menentukan potensial sel volta berdasarkan data potensial reduksi standar 20.1.11 mengidentifikasi faktor-faktor penyebab korosi



	20.1.12 menuliskan reaksi redoks dalam proses korosi.
20.1 memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori kimia meliputi struktur, dinamika, energetika dan kinetika serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.13 menerapkan harga K_w , K_a dan K_b pada perhitungan konsentrasi larutan asam basa
	20.1.14 menentukan jenis larutan sesuai dengan data harga pH beberapa larutan
	20.1.15 menghitung pH larutan asam dan basa

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 B, 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.

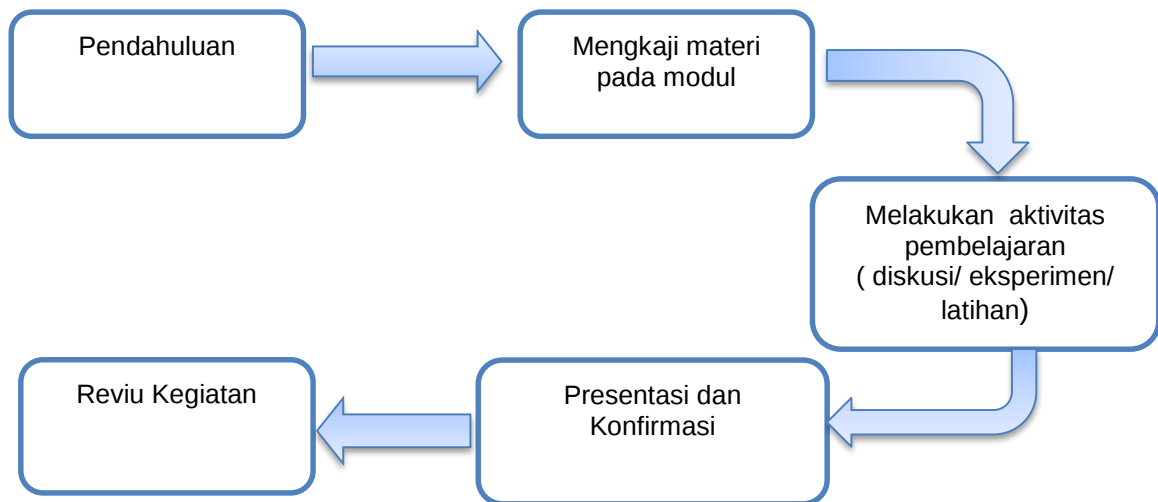
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Ikatan Kimia
2. Stoikiometri 2
3. Redoks 2
4. pH



E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian pembelajaran. Langkah-langkah belajar secara umum adalah:



Gambar 1. Langkah-langkah belajar

Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari:

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

2. Mengkaji materi pada modul

Pada kegiatan ini, fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari materi pada modul 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 dan sebagainya. 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. Reviu Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereviu materi.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 1:

IKATAN KIMIA

Senyawa-senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda, ada yang titik lelehnya tinggi, ada yang rendah, ada yang dapat menghantarkan listrik, dan tidak menghantarkan arus listrik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan cara bergabung antara unsur-unsur pembentuknya, dapat melalui ikatan ion atau ikatan kovalen. Ikatan-ikatan tersebut dinamakan ikatan kimia. Materi ikatan kimia di SMA disajikan di kelas X dengan sub topik pembentukan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, sifat-sifat fisis senyawa ion, sifat-sifat fisis senyawa kovalen dan ikatan logam dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.5. Membandingkan proses pembentukan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam serta interaksi antar partikel (atom, ion, molekul) materi dan hubungannya dengan sifat fisik materi dan KD 4.7. Mengolah dan menganalisis perbandingan proses pembentukan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam serta interaksi antar partikel (atom, ion, molekul) materi dan hubungannya dengan sifat fisik materi. Kompetensi Guru pada program guru pembelajar Modul B 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 peserta dapat:

1. memahami konsep ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan kovalen koordinasi.
2. memahami hubungan ikatan kimia dengan sifat fisik senyawa melalui pengamatan.
3. menjelaskan proses pembentukan ikatan logam dan hubungannya dengan sifat fisis logam.



B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Berikut ini adalah beberapa indikator pencapaian kompetensi yang akan diperoleh:

1. menjelaskan proses pembentukan ikatan ion dan ikatan kovalen.
2. menentukan senyawa yang memiliki ikatan ion, kovalen dan kovalen koordinasi.
3. menghubungkan ikatan kimia dengan sifat fisik senyawa.
4. menjelaskan ikatan logam dan sifat-sifatnya.

C. Uraian Materi

Pada umumnya atom tidak dalam keadaan bebas tetapi bergabung dengan atom lain membentuk Senyawa/Molekul. Atom-atom memiliki kecenderungan saling bereaksi untuk mencapai konfigurasi elektron stabil yang menyerupai konfigurasi elektron atom-atom gas mulia, yaitu 8 elektron pada kulit terluar. Kecenderungan inilah yang menyebabkan atom-atom berikatan satu dengan lainnya. Ikatan yang terjadi mengakibatkan terjadinya gaya tarik antar atom. Gaya tarik yang mengikat atom-atom disebut **ikatan kimia**. Pembentukan ikatan bergantung pada keadaan elektron valensi dari atom-atom yang berikatan untuk bergabung membentuk molekul. Pembentukan molekul dapat terjadi dengan cara transfer elektron atau pemakaian elektron secara bersama-sama pada kulit terluar. Jenis dan kekuatan ikatan yang terjadi sangat menentukan sifat molekul yang terbentuk. Senyawa/molekul ion terbentuk melalui ikatan ion, yaitu ikatan yang terjadi antara ion positif (atom yang melepaskan elektron) dan ion negatif (atom yang menerima elektron) sehingga senyawa ion yang terbentuk bersifat polar. Seorang ahli kimia dari Amerika Serikat, yaitu Gilbert Newton Lewis (1875 – 1946) dan Albrecht Kosel dari Jerman (1853 – 1972) menerangkan tentang konsep ikatan kimia.

- Unsur-unsur gas mulia (golongan VIIA) sukar membentuk senyawa karena konfigurasi elektronnya memiliki susunan elektron yang stabil.
- Setiap unsur berusaha memiliki konfigurasi elektron seperti yang dimiliki oleh unsur gas mulia, yaitu dengan cara melepaskan elektron atau menangkap elektron.
- Jika suatu unsur melepaskan elektron, artinya unsur itu melepaskan elektron pada unsur lain. Sebaliknya, jika unsur itu menangkap elektron, artinya



menerima elektron dari unsur lain. Jadi susunan yang stabil tercapai jika berikatan dengan atom unsur lain.

- Kecenderungan atom-atom unsur untuk memiliki delapan elektron di kulit terluar disebut kaidah oktet.

1. Jenis ikatan kimia:

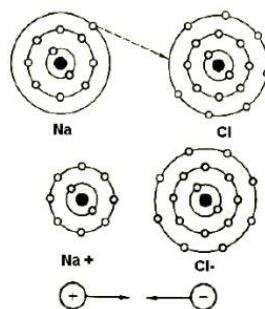
Ikatan kimia terbentuk karena unsur-unsur cenderung membentuk struktur elektron stabil. Ikatan kimia digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Ikatan Antar Atom

1) Ikatan Ion

Ikatan ion terbentuk jika terjadi transfer elektron antar atom-atom yang berikatan. Atom yang kehilangan elektron menjadi ion positif. Atom yang mendapat elektron menjadi ion negatif. Muatan yang berlawanan ini menyebabkan ion-ion tersebut saling tarik menarik. Ikatan ion juga dikenal sebagai **ikatan elektrovalen**.

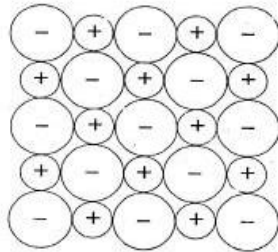
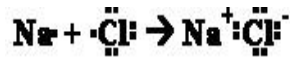
Contohnya garam dapur atau natrium klorida (NaCl). NaCl tersusun atas ion natrium (Na^+) yang sangat reaktif, dan ion klor (Cl^-) yang saling tarik menarik secara elektrostatik. Bagaimana ion Na^+ dan Cl^- terbentuk? Untuk mencapai konfigurasi elektron stabil, atom natrium memberikan satu elektronnya kepada atom klor, sehingga atom natrium membentuk ion yang bermuatan positif, karena memiliki jumlah proton yang lebih banyak dibandingkan dengan elektronnya. Sebaliknya, atom klor menerima satu elektron untuk membentuk konfigurasi elektron yang stabil. Akibatnya, atom klor membentuk ion yang bermuatan negatif karena memiliki jumlah proton yang lebih sedikit dibandingkan dengan elektronnya. Jadi, masing-masing ion memiliki muatan yang berlawanan sehingga saling menarik satu sama lain membentuk suatu molekul natrium klorida.



Gambar 1. Pembentukan ikatan ion pada NaCl
(sumber: chemistry.org)



Pembentukan NaCl dengan lambang Lewis



Gambar 2. Susunan Ion dalam Kristal Natrium Klorida, NaCl

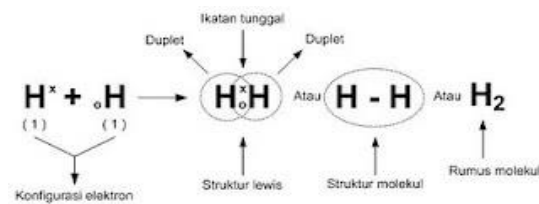
Ikatan ion hanya dapat terbentuk apabila unsur-unsur yang berikatan mempunyai perbedaan daya tarik elektron (keelektronegatifan) cukup besar.

Perbedaan keelektronegatifan yang besar ini memungkinkan terjadinya serah-terima elektron. Sifat-Sifat ikatan ionik adalah:

- (a) Bersifat polar sehingga larut dalam pelarut polar
- (b) Memiliki titik leleh yang tinggi
- (c) Baik larutan maupun lelehannya bersifat elektrolit

2) Ikatan Kovalen dan Jenis ikatan kovalen

Gas-gas yang kita temukan di alam, seperti hidrogen, nitrogen, oksigen, berada dalam bentuk molekulnya: H_2 , N_2 , dan O_2 . Mengapa demikian? Sebagai atom tunggal, unsur-unsur ini sangat reaktif, sehingga membentuk molekul untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil. Contohnya adalah molekul hidrogen (H_2). Atom H hanya mempunyai $1 e^-$, perlu tambahan $1 e^-$ agar menjadi seperti He. Jika 2 atom H berdekatan, keduanya dapat menggunakan $2 e^-$ yang ada secara bersama, sehingga masing-masing atom H menjadi seperti He. $2 e^-$ tersebut menarik kedua atom H untuk berikatan menjadi molekul H_2 . Ikatan yang terbentuk adalah ikatan kovalen. Pada **ikatan kovalen tidak terjadi transfer elektron, tetapi atom-atomnya menggunakan pasangan elektron valensinya bersama-sama**. Ikatan kovalen biasanya digambarkan dengan titik-titik yang mewakili pasangan elektron yang digunakan bersama, atau dengan suatu garis. Ikatan kovalen yang terbentuk pada molekul hidrogen hanya melibatkan satu pasangan elektron atau dua buah elektron, sehingga disebut juga sebagai **ikatan kovalen tunggal**. Ikatan kovalen tunggal juga terjadi pada gas fluor dan gas klor.

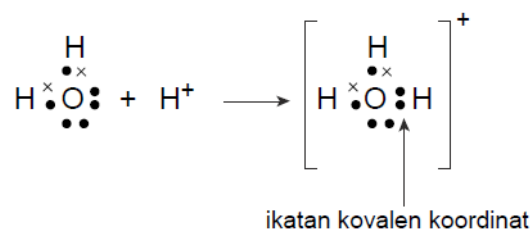


Gambar 3. Pembentukan ikatan kovalen pada H_2
(sumber: mp-sma.blogspot.com)

Ikatan kovalen pada oksigen dan nitrogen sedikit berbeda. Oksigen memiliki enam elektron pada kulit terluarnya sehingga memerlukan dua elektron tambahan untuk mencapai konfigurasi yang stabil. Dua atom oksigen akan menggunakan dua pasangan elektronnya bersama-sama untuk membentuk ikatan kovalen rangkap dua. Nitrogen memerlukan tiga elektron untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil. Dua atom nitrogen harus menggunakan tiga pasangan elektronnya bersama-sama dan membentuk ikatan kovalen rangkap tiga. Ikatan kovalen juga terjadi antar unsur-unsur yang berbeda. Contohnya HCl dan air, (H_2O).

a) Ikatan Kovalen Koordinasi

Pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan berasal dari salah satu pihak. Jika *pasangan elektron yang digunakan bersama hanya berasal dari salah satu atom saja*, maka ikatan yang terbentuk disebut **ikatan kovalen koordinasi**. Ion ammonium dan ion hidronium masing-masing mengandung satu ikatan kovalen koordinasi. Ion hidronium, H_3O^+ dibentuk dari molekul air yang mengikat ion hidrogen melalui reaksi: $H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$. Struktur Lewisnya ditulis sebagai berikut.

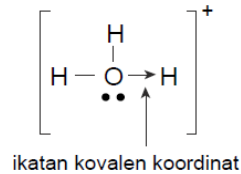


Gambar 4. Ikatan kovalen koordinasi pada ion hidronium

Pada molekul H_2O , atom oksigen mempunyai dua pasang elektron bebas. H^+ tidak mempunyai elektron. Untuk membentuk ikatan digunakan salah satu

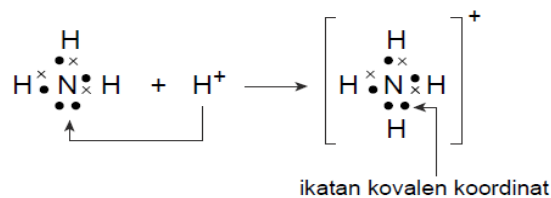


pasangan elektron bebas dari oksigen sehingga terbentuk ikatan kovalen koordinat. Ikatan ini bisa dituliskan sebagai berikut.

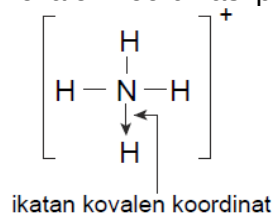


Tanda panah ($\rightarrow$) menunjukkan pasangan elektron ikatan kovalen koordinat berasal dari atom oksigen. Ion amonium, NH_4^+ dibentuk dari NH_3 dan ion H^+ melalui reaksi: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$.

Struktur Lewisnya ditulis sebagai berikut

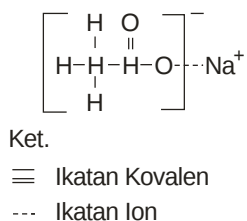


Gambar 5. Ikatan kovalen koordinasi pada ion amonium



Pasangan elektron ikatan kovalen koordinat berasal dari atom nitrogen.

Suatu senyawa dapat sekaligus mengandung ikatan ion dan/atau ikatan kovalen. Contoh: senyawa natrium asetat. Ikatan antara natrium dan ion asetat adalah ikatan ion, sedangkan ikatan yang terjadi antara karbon, hidrogen, dan oksigen dalam gugus asetat adalah ikatan kovalen.



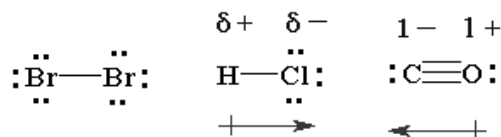
Gambar 6. Ikatan ion dan kovalen pada natrium asetat
(sumber: dokumentasi P4TK IPA)



Ikatan kovalen terdiri atas ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen non polar. Berikut ini akan diuraikan mengenai kedua ikatan tersebut.

b) Ikatan Kovalen Polar dan Nonpolar

Suatu senyawa mempunyai jenis ikatan: ionik, kovalen polar, atau kovalen nonpolar, ditentukan oleh selisih harga keelektronegatifan antar unsur yang berikatan. Atom dengan keelektronegatifan yang sama atau hampir sama membentuk **ikatan kovalen nonpolar**. Molekul-molekul organik, ikatan C-C dan ikatan C-H adalah jenis ikatan nonpolar. Contoh lainnya adalah ikatan pada molekul Br₂. Senyawa kovalen seperti HCl, CO, H₂O, CH₃OH, atau H₂C=O, salah satu atomnya mempunyai keelektronegatifan yang lebih besar daripada yang lainnya. Akibatnya, ikatan yang terbentuk memiliki distribusi rapat elektron yang tidak merata. Ikatan ini disebut ikatan **kovalen polar**.

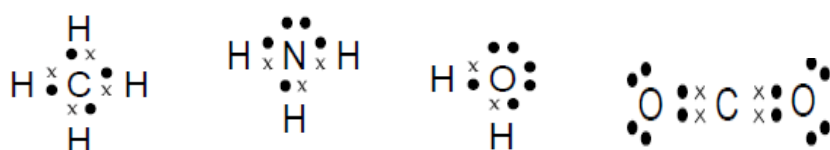


Gambar 7. Ikatan kovalen nonpolar pada Br₂, serta ikatan kovalen polar pada HCl, dan CO

(sumber: dokumentasi P4TK IPA)

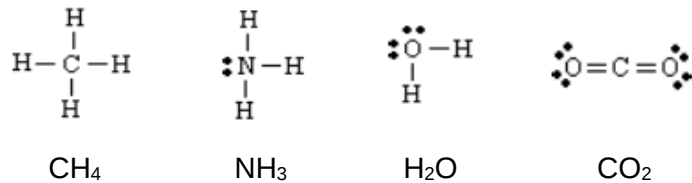
2. Struktur Lewis dan Muatan Formal

Keadaan elektron valensi suatu unsur dapat digambarkan dengan menggunakan notasi khusus yang disebut struktur Lewis. Struktur ini dikembangkan oleh G.N. Lewis. Struktur Lewis suatu unsur digambarkan sebagai simbol atomnya yang dikelilingi oleh sejumlah titik, lingkaran, atau tanda silang yang melambangkan elektron valensinya. Contohnya, hidrogen, dengan satu elektron valensi, digambarkan sebagai H•. Pembentukan ikatan yang terjadi antar atom dapat lebih mudah dipahami dengan menggunakan struktur Lewisnya. Contoh struktur Lewis untuk beberapa senyawa disajikan di bawah ini.





Jika sepasang elektron yang digunakan bersama ditulis sebagai $\times$, maka



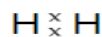
Gambar 8. Struktur Lewis CH_4 , NH_3 , H_2O , dan CO_2

(sumber: dokumentasi P4TK IPA)

Tahap pertama yang harus dilakukan untuk menggambar struktur Lewis adalah menentukan atom-atom mana yang saling berikatan. Contohnya, pada CO_2 , kedua atom oksigen terikat pada atom karbon sebagai pusat molekulnya, sehingga strukturnya tidak mungkin berupa O-O-C . Sesungguhnya, satu-satunya cara yang pasti untuk menentukan bagaimana atom-atom ini berikatan adalah melalui percobaan. Pada senyawa biner sederhana dan ion-ion poliatom, seperti CO_2 dan CO_3^{2-} , atom pusat biasanya disebutkan pertama kali. Contohnya, karbon adalah atom pusat dalam CO_2 dan CO_3^{2-} ; nitrogen adalah atom pusat dalam NH_3 , NO_2 , dan NO_3^- ; sulfur adalah atom pusat dalam SO_3 dan SO_4^{2-} . Tetapi hal ini tidak berlaku untuk H_2O dan H_2S dan untuk molekul-molekul seperti HClO atau SCN .

Perkiraan yang tepat memang tidak mungkin dibuat dengan cara ini. Setelah susunan atom dalam molekul diketahui, dapat dilanjutkan dengan menempatkan elektron-elektron valensinya. Hal ini dapat dilakukan dalam beberapa tahap berikut.

1. Hitung jumlah seluruh elektron valensi yang dimiliki oleh seluruh atom dalam molekul atau ion poliatom. Untuk ion poliatom yang bermuatan negatif, tambahkan elektron sesuai besar muatannya. Sebaliknya, untuk ion poliatom yang bermuatan positif, kurangi jumlah elektron sesuai besar muatannya.
2. Letakan sepasang elektron diantara dua atom yang berikatan.
3. Lengkapi konfigurasi oktet atom-atom (ingatlah bahwa kulit valensi atom hidrogen hanya dapat diisi dua elektron



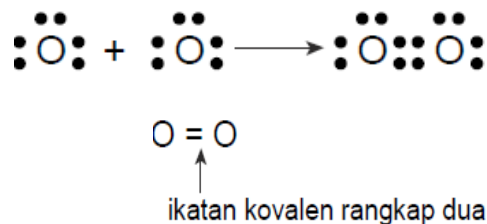


Konfigurasi oktet atom



Jika atom pusat masih belum memenuhi aturan oktet, bentuklah ikatan rangkap sehingga aturan ini dipenuhi oleh setiap atom yang berikatan.

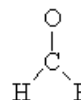
Contoh:



Harus diperhatikan pula bahwa hal ini tidak berlaku untuk senyawa-senyawa yang menyimpang dari aturan oktet, seperti BCl_3 dan BeCl_2 .

Contoh: Struktur Lewis untuk formaldehida, CH_2O , dapat digambarkan sebagai berikut.

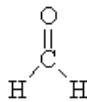
- a. Tentukan atom-atom mana yang berikatan. Gambarkan kerangka struktur Lewisnya. Pada molekul ini, atom karbon adalah atom pusatnya.



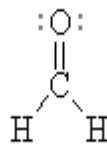
- b. Kedua atom hidrogen masing-masing memiliki 1 elektron valensi, sedangkan karbon dan oksigen masing-masing memiliki 4 dan 6 elektron. Jadi jumlah keseluruhannya 12.
- c. Ada 3 ikatan tunggal yang telah digambarkan. Jadi, ada 3 pasang elektron yang digunakan untuk berikatan. Sisa elektron valensi yang belum digunakan adalah $12 - (3 \times 2) = 6$.
- d. Setiap hidrogen sudah lengkap dikelilingi oleh 2 elektron. Atom karbon hanya dikelilingi 6 elektron, padahal seharusnya 8. Oksigen hanya dikelilingi 2 elektron, padahal seharusnya 8. Delapan elektron tambahan diperlukan agar karbon dan oksigen dapat memenuhi aturan oktet. Sisa elektron valensi yang belum digunakan hanya 6. Dengan demikian, ikatan rangkap harus dimasukkan ke dalam struktur ini. Satu-satunya tempat dimana hal ini bisa



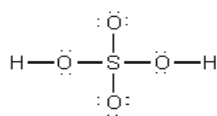
dilakukan adalah di antara karbon dan oksigen. Dengan ikatan rangkap ini, 2 dari 6 sisa elektron valensi tadi telah digunakan.



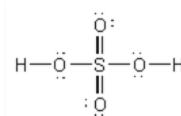
Atom karbon sekarang sudah dikelilingi 8 elektron sesuai dengan aturan oktet. Oksigen sekarang memiliki 4 elektron, masih ada kekurangan sebanyak 4 elektron. Untuk mengisi kekurangan ini, digunakan 4 elektron valensi yang tersisa sehingga strukturnya menjadi:



Kadang-kadang, ada dua struktur Lewis atau lebih yang dapat digambarkan untuk satu senyawa. Contohnya molekul H_2SO_4 . Kita dapat menggambarkan struktur Lewis untuk senyawa ini sebagai berikut.



(struktur I)



(struktur II)

Melalui percobaan, dapat ditentukan struktur mana yang lebih sesuai untuk H_2SO_4 . Struktur I nampaknya sesuai karena telah mengikuti aturan oktet. Tetapi, hasil percobaan menunjukkan bahwa panjang ikatan antara sulfur dan oksigen yang tidak berikatan dengan hidrogen lebih pendek dibandingkan panjang ikatan yang seharusnya untuk suatu ikatan tunggal S-O. Ikatan rangkap dalam struktur II memiliki panjang ikatan S-O yang sesuai dengan hasil percobaan. Dengan demikian, struktur yang kedua ini adalah struktur yang lebih sesuai untuk H_2SO_4 . Cara lain untuk menentukan struktur Lewis mana yang lebih sesuai adalah dengan menghitung muatan formalnya. Pada struktur I, sulfur membentuk empat ikatan tunggal dengan oksigen. Jika elektron-elektron dalam ikatan tersebut dibagi bersama oleh S dan O, maka masing-masing atom memiliki setengah dari pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan, atau sebanyak satu elektron untuk setiap ikatan. Dengan perkataan lain, keempat ikatan ini menunjukkan



bahwa ada empat elektron dalam kulit valensi sulfur. Atom sulfur seharusnya memiliki enam elektron valensi. Hal ini berarti bahwa dalam struktur I, sulfur kekurangan dua elektron valensi, atau bermuatan $2+$. Muatan ini dinamakan **muatan formal**. Secara umum, muatan formal suatu atom dalam suatu struktur Lewis dapat dihitung sesuai rumus:

Jadi, untuk **struktur Lewis pertama**,

$$\text{Muatan formal sulfur} = 6 - 4 - 0 = +2$$

$$\text{Muatan formal hidrogen} = 1 - 1 - 0 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Muatan formal oksigen yang tidak berikatan dengan hidrogen} \\ = 6 - 1 - 6 = -1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Muatan formal oksigen yang berikatan dengan hidrogen} \\ = 6 - 2 - 4 = 0 \end{aligned}$$

Untuk struktur Lewis kedua,

$$\text{Muatan formal sulfur} = 6 - 6 - 0 = 0$$

$$\text{Muatan formal hidrogen} = 1 - 1 - 0 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Muatan formal oksigen yang tidak berikatan dengan hidrogen} \\ = 6 - 2 - 4 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Muatan formal oksigen yang juga berikatan dengan hidrogen} \\ = 6 - 2 - 4 = 0 \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa jumlah total muatan formal H_2SO_4 adalah nol sesuai dengan kenyataan bahwa molekul ini netral. Suatu ion poliatom, jumlah muatan formal atom-atomnya harus sama dengan muatan ionnya. Untuk menentukan struktur Lewis mana yang lebih sesuai, ada aturan yang dapat kita ikuti. Jika ada beberapa struktur Lewis yang mungkin, struktur yang muatan formal atom-atomnya mendekati nol adalah struktur yang paling stabil dan lebih disukai. Pada struktur kedua, seluruh atomnya memiliki muatan formal nol. Dengan demikian, struktur inilah yang lebih disukai.

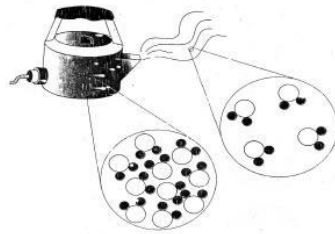
3. Sifat Fisis Senyawa Ion dan Senyawa Kovalen

a. Titih Didih

Air, H_2O merupakan senyawa kovalen. Ikatan kovalen yang mengikat antara atom hidrogen dan atom oksigen dalam molekul air cukup kuat, sedangkan gaya yang mengikat antar molekul-molekul air cukup lemah. Keadaan inilah yang menyebabkan air yang cair itu mudah berubah menjadi uap air bila dipanasi



sampai sekitar 100°C , akan tetapi pada suhu ini ikatan kovalen yang ada di dalam molekul H_2O tidak putus.



Gambar 9. Dengan pemanasan sampai 100°C , molekul-molekul air dalam ketel diputuskan

Garam dapur, NaCl adalah senyawa ionik yang meleleh pada suhu 801°C dan mendidih pada suhu 1517°C . NaCl mempunyai titik didih tinggi karena mengandung ikatan ion yang sangat kuat, sehingga untuk memutuskan ikatan tersebut dibutuhkan panas yang sangat besar.

Hampir semua senyawa kovalen mempunyai titik didih yang rendah (rata-rata di bawah suhu 200°C), sedang senyawa ion mempunyai titik didih yang tinggi (rata-rata di atas suhu 900°C).

b. Kemudahan Menguap

Banyak sekali berbagai bahan yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari merupakan senyawa kovalen seperti ditunjukkan pada gambar 8. Sebagian besar senyawa kovalen berupa cairan yang mudah menguap dan berupa gas. Molekul-molekul senyawa kovalen yang mudah menguap sering menghasilkan bau yang khas. Parfum dan bahan pemberi aroma merupakan senyawa kovalen. Hal ini tidak diperoleh pada sifat senyawa ionik.

c. Daya hantar Listrik

Senyawa ion dalam keadaan padatan tidak dapat menghantar arus listrik, tetapi bila padatan ionik dipanaskan sampai suhu tinggi sehingga diperoleh lelehannya maka dapat menghantar arus listrik. Larutan senyawa ionik yang dilarutkan ke dalam air juga dapat menghantar arus listrik. Pada keadaan lelehan atau larutan ion-ionnya dapat bebas bergerak. Senyawa kovalen pada berbagai wujud tidak dapat menghantar arus listrik. Hal ini disebabkan senyawa kovalen tidak mengandung ion-ion sehingga posisi molekulnya tidak berubah.



d. Kelarutan

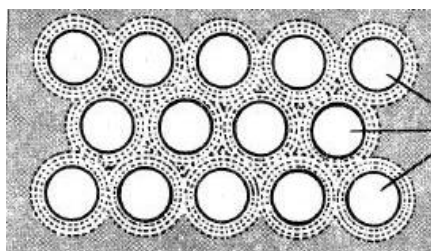
Banyak senyawa ion yang dapat melarut dalam air. Misalnya, natrium klorida banyak diperoleh dalam air laut. Kebanyakan senyawa kovalen tidak dapat melarut dalam air, tetapi mudah melarut dalam pelarut organik. Pelarut organik merupakan senyawa karbon, misalnya bensin, minyak tanah, alkohol, dan aseton. Senyawa ionik tidak dapat melarut dalam pelarut organik. Namun ada beberapa senyawa kovalen yang dapat melarut dalam air karena terjadi reaksi dengan air dan membentuk ion-ion. Misalnya, asam sulfat bila dilarutkan ke dalam air akan membentuk ion hidrogen dan ion sulfat. Perbedaan utama antara senyawa ion dengan senyawa kovalen disimpulkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbedaan utama antara senyawa ion dengan senyawa kovalen

Sifat	Ikatan Ion	Ikatan Kovalen
Titik Didih	Titik Didih mempunyai titik leleh yang tinggi	mempunyai titik leleh yang rendah
Kemudahan menguap	Sulit menguap	Mudah menguap dan memberikan bau yang khas
Daya Hantar Listrik	Lelehan maupun larutannya dalam air dapat menghantar arus listrik	Tidak menghantar listrik pada berbagai wujud
Kelarutan dalam air	Pada umumnya melarut dalam air	Sulit larut dalam air
Kelarutan dalam pelarut organik	Tidak dapat melarut	Dapat melarut

4. Ikatan Logam dan Sifat-sifatnya

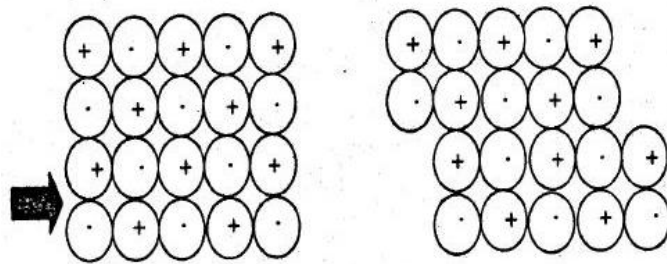
Elektron-elektron valensi logam tidak terikat erat (karena energi ionisasinya rendah), sehingga relatif bebas bergerak. Hal ini menjadikan logam bersifat sebagai penghantar panas dan listrik yang baik, dan juga mengkilat. Gambar 11 berikut mengilustrasikan suatu model logam dengan elektron-elektron membentuk suatu “lautan” muatan negatif.



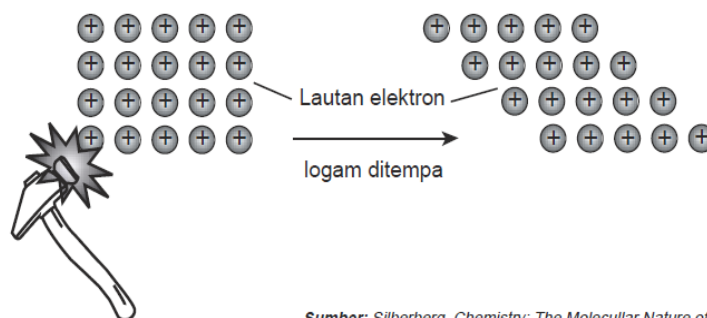
Gambar 11. Struktur Logam menurut Teori “Lautan Elektron



Model lautan elektron ini sesuai dengan sifat-sifat logam, seperti: dapat ditempa menjadi lempengan tipis, ulet karena dapat direntang menjadi kawat, memiliki titik leleh dan kerapatan yang tinggi. Logam dapat dimampatkan dan direntangkan tanpa patah, karena atom-atom dalam struktur kristal harus berkedudukan sedemikian rupa sehingga atom-atom yang bergeser akan tetap pada kedudukan yang sama. Hal ini disebabkan mobilitas lautan elektron di antara ion-ion positif merupakan penyangga (Gambar 11). Keadaan yang demikian ini berbeda dengan kristal ionik. Dalam kristal ionik, misalnya NaCl, gaya pengikatnya adalah gaya tarik menarik antar ion-ion yang muatannya berlawanan dengan elektron valensi yang menempati kedudukan tertentu di sekitar inti atom. Bila kristal ionik ini ditekan, maka akan terjadi keretakan atau pecah. Hal ini disebabkan adanya pergeseran ion positif dan negatif sedemikian rupa sehingga ion positif berdekatan dengan ion positif dan ion negatif dengan ion negatif, keadaan yang demikian ini mengakibatkan terjadi tolak-menolak sehingga kristal ionik menjadi retak (gambar 12).



Gambar 12. Adanya Tekanan terhadap kristal ionik



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 13. Struktur Logam yang ditempa



Elektron yang bebas bergerak pada lautan elektron menyebabkan logam dapat menghantarkan listrik, sehingga logam banyak digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel. Seperti kawat tembaga digunakan sebagai penghantar listrik dalam kabel, besi digunakan untuk setrika sebagai penghantar panas, dan emas atau perak digunakan untuk perhiasan dalam bentuk yang indah. Perbandingan sifat-sifat fisis logam dengan non logam ditabulasikan berikut.

Tabel 2. Perbandingan sifat-sifat fisis logam dengan non logam

LOGAM		NON LOGAM	
1	Padatan logam merupakan penghantar listrik yang baik.	1	Padatan non-logam biasanya bukan penghantar listrik.
2	Mempunyai kilap logam	2	Tidak mengkilap.
3	Kuat dan keras (bila digunakan sebagai logam paduan atau alloy)	3	Kebanyakan non-logam tidak kuat dan lunak
4	Dapat dibengkokkan dan diulur.	4	Biasanya rapuh dan patah bila dibengkokkan atau diulur.
5	Penghantar panas yang baik	5	Sukar menghantar panas
6	Kebanyakan logam mempunyai kerapatan yang besar	6	Kebanyakan logam kerapatannya rendah
7	Kebanyakan logam mempunyai titik leleh dan titik didih yang tinggi.	7	Kebanyakan non-logam titik leleh dan titik didihnya rendah

b. Ikatan Antar Molekul

1) Ikatan Hidrogen

Ikatan hidrogen merupakan gaya tarik menarik antara atom H dengan atom lain yang mempunyai keelektronegatifan besar pada satu molekul dari senyawa yang sama. Ikatan hidrogen merupakan ikatan yang paling kuat dibandingkan dengan ikatan antar molekul lain, namun ikatan ini masih lebih lemah dibandingkan dengan ikatan kovalen maupun ikatan ion. Ikatan hidrogen ini terjadi pada ikatan antara atom H dengan atom N, O, dan F yang memiliki pasangan elektron bebas. Hidrogen dari molekul lain akan bereaksi dengan pasangan elektron bebas ini membentuk suatu ikatan hidrogen dengan besar ikatan bervariasi. Kekuatan ikatan hidrogen ini dipengaruhi oleh beda keelektronegatifan dari atom-atom penyusunnya. Semakin besar perbedaannya semakin besar pula ikatan hidrogen yang dibentuknya.

Kekuatan ikatan hidrogen ini akan mempengaruhi titik didih dari senyawa tersebut. Semakin besar perbedaan keelektronegatifannya maka akan semakin besar titik didih dari senyawa tersebut. Namun, terdapat pengecualian untuk H_2O



yang memiliki dua ikatan hidrogen tiap molekulnya. Akibatnya, titik didihnya paling besar dibanding senyawa dengan ikatan hidrogen lain, bahkan lebih tinggi dari HF yang memiliki beda keelektronegatifan terbesar.

2) Ikatan van der Waals

Gaya Van Der Waals dahulu dipakai untuk menunjukkan semua jenis gaya tarik menarik antar molekul. Namun kini merujuk pada gaya-gaya yang timbul dari polarisasi molekul menjadi dipol seketika. Ikatan ini merupakan jenis ikatan antar molekul yang terlemah, namun sering dijumpai diantara semua zat kimia terutama gas. Pada saat tertentu, molekul-molekul dapat berada dalam fase dipol seketika ketika salah satu muatan negatif berada di sisi tertentu. Dalam keadaan dipol ini, molekul dapat menarik atau menolak elektron lain dan menyebabkan atom lain menjadi dipol. Gaya tarik menarik yang muncul sesaat ini merupakan gaya Van der Waals.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Lembar Kegiatan 1

KEPOLARAN SENYAWA

1. Tujuan : Menyelidiki kepolaran beberapa senyawa dalam larutan

2. Alat dan Bahan :

Alat :

- buret 1 buah
- klem dan statif masing – masing 1 buah
- penggaris (politena) 1 buah

Bahan:

- larutan CCl_4
- larutan aseton
- alkohol
- air murni

3. Cara Kerja :

- a. Pasanglah buret pada statif
- b. Masukkan larutan CCl_4 ke dalam buret sampai hampir penuh.
- c. Gosoklah penggaris pada kain atau meja sehingga terasa hangat. Untuk membuktikan bahwa penggaris sudah bermuatan atau belum, dekatkan pada potongan-potongan kertas kecil. Jika



potongan kertas kecil sudah tertarik pada penggaris, berarti penggaris sudah bermuatan listrik.

- d. Alirkan larutan CCl_4 pada buret. Pada saat yang sama dekatkan penggaris yang bermuatan listrik pada aliran CCl_4 tersebut. Amati apa yang terjadi. Catatlah pada buku data pengamatanmu.
- e. Ulangi percobaan 3 dan 4 dengan mengganti larutan CCl_4 menggunakan larutan alkohol, aseton dan air.

4. Hasil Pengamatan :

No	Cairan Aliran zat cair	dibelokkan	Tidak dibelokkan
1	CCl_4		
2	Aseton		
3	Alkohol		
4	Air		
5	HCl		

5. Pertanyaan :

- a. Manakah di antara cairan tersebut termasuk senyawa polar. Jelaskan !
- b. Mengapa senyawa-senyawa tersebut polar?
- c. Apakah CHCl_3 , CH_4 , O_2 dan HCl bersifat polar? Jelaskan!

Catatan :

Buret harus bersih dan kering, maka hendaknya buret setelah dibersihkan 2 – 3 hari sebelum percobaan, sehingga buret dapat dibiarkan mengering pada standar.



Lembar Kegiatan 2

SENYAWA KOORDINASI

1. Pendahuluan

Senyawa koordinasi atau biasa juga disebut senyawa kompleks, molekul-molekulnya tersusun dari gabungan dua atau lebih molekul yang sudah jenuh.

Contoh senyawa koordinasi: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ dan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Senyawa koordinasi terbentuk karena adanya ikatan kovalen koordinasi. Molekul atau ion yang memberikan pasangan elektron disebut ligan, sedangkan ion-ion yang menerima pasangan elektron tersebut disebut atom pusat. Banyaknya ligan yang berikatan dengan atom pusat disebut bilangan oksidasi.

Contoh : $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

Atom pusat : Ag^+

Ligan : NH_3

Bil. Koordinasi : 2

2. Tujuan

Pada percobaan ini Anda dapat mempelajari pembentukan beberapa senyawa koordinasi.

3. Alat dan Bahan

Alat :

Tabung reaksi

Rak tabung

Pipet tetes

Gelas ukur 10 mL

Bahan :

Lar. Perak nitrat 0,05 M

Lar. Amonia 0,2 M

Lar. Tembaga sulfat 0,05 M



4. Cara Kerja dan Pengamatan

Cara Kerja	Pengamatan
1 a. Masukkan 1 cm ³ larutan AgNO ₃ 0,05 M ke dalam tabung reaksi.	a. Warna larutan
b. Teteskan 5 tetes larutan NH ₄ OH 0,2 M ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan AgNO ₃ .	b. Setelah ditetesi larutan NH ₄ OH terbentuk warna
2 c. Berikutnya teteskan lagi 10 tetes larutan NH ₄ OH	c. Penambahan NH ₄ OH berlebih mengakibatkan
a. Masukkan 1 cm ³ larutan CuSO ₄ 0,05 M ke dalam tabung reaksi.	d. Warna larutan
b. Teteskan 5 tetes larutan NH ₄ OH 0,2 M ke dalam tabung reaksi yang berisi CuSO ₄ tersebut.	e. Setelah ditetesi larutan NH ₄ OH terbentuk
c. Berikutnya teteskan 15 tetes larutan NH ₄ OH 0,2 M.	f. Penambahan NH ₄ OH berlebih mengakibatkan
3 a. Masukkan 1 cm ³ larutan ZnSO ₄ 0,05 M ke dalam tabung reaksi.	a. Warna larutan
b. Teteskan 5 tetes larutan NH ₄ OH 0,2 M ke dalam tabung reaksi yang berisi CuSO ₄ tersebut.	b. Setelah ditetesi larutan NH ₄ OH terbentuk
c. Berikutnya teteskan 15 tetes larutan NH ₄ OH 0,2 M.	c. Penambahan NH ₄ OH berlebih mengakibatkan

4. Pertanyaan

1. Apakah yang disebut dengan ikatan kovalen koordinasi?
2. Tentukan nama atom pusat dan ligan serta beberapa bilangan koordinasi pada senyawa koordinasi di bawah ini!
3. [Ag(NH₃)₂]⁺ [Zn(NH₃)₄]²⁺ [Cu(NH₃)₄]²⁺ [Ni(CN)₄]²⁻ [Cu(CN)₄]³⁻



4. Hibridisasi apakah yang terjadi pada pembentukan senyawa koordinasi $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, dan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$?
5. Tuliskan nama-nama senyawa koordinasi pada soal no. b!

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Himpunan tiga senyawa berikut yang memiliki ikatan kovalen adalah ...
 - A. HCl , SCl_2 , BaCl_2
 - B. HBr , BeCl_2 , LiI
 - C. ICl_3 , SO_2 , OF_2
 - D. H_2SO_4 , BH_3 , PbSO_4
2. Nomor atom unsur P, Q, R, dan S masing-masing 6, 9, 11, 18. Pasangan unsur-unsur diharapkan membentuk ikatan ion adalah ...
 - A. P dan Q
 - B. R dan Q
 - C. S dan R
 - D. P dan S
3. Diantara senyawa berikut yang memiliki kepolaran paling besar adalah ...
 - A. CH_3F
 - B. CH_3Cl
 - C. CH_3Br
 - D. CH_3I
4. Manakah dari ketiga senyawa berikut yang semuanya berikatan ionik?
 - A. NaCl , NCl_3 , CCl_4
 - B. CsBr , BaBr_2 , SrO
 - C. Al_2O_3 , CaO , SO_2
 - D. CsF , BF_3 , NH_3

F. Rangkuman

1. Untuk mencapai kestabilannya unsur-unsur akan berikatan.
2. Pada suatu senyawa unsur akan stabil bila memenuhi aturan oktet atau duplet.
3. Ikatan terdiri dari ikatan antar atom yang terdiri dari ikatan ion, kovalen, kovalen koordinasi, dan ikatan antar molekul yaitu ikatan hidrogen dan Gaya van der Waals.



4. Ikatan ion terjadi dengan cara serah terima elektron dari masing-masing atom yang berikatan.
5. Ikatan kovalen terjadi dengan cara menggunakan pasangan elektron secara bersama-sama oleh atom-atom yang berikatan.
3. Ikatan kovalen koordinasi terjadi bila pasangan elektron yang digunakan secara bersama berasal dari salah satu atom saja.
4. Kepolaran suatu senyawa tergantung pada besarnya perbedaan ke elektronegatifan unsur-unsur yang berikatan.
5. Ikatan logam adalah tarik-menarik dari kation di dalam lautan elektron yang bertindak sebagai perekat dan menggabungkan kation-kation.
6. Ikatan hidrogen adalah jenis ikatan khusus yaitu interaksi dipol-dipol antara hidrogen dalam ikatan polar, dengan atom elektronegatif seperti O, N dan F dari molekul lainnya. Ikatan hidrogen menyebabkan titik didih senyawa tinggi.
7. Gaya van der Waals terdiri atas: gaya antardipol, yang terjadi dalam senyawa kovalen polar; dan gaya London yang terjadi dalam senyawa kovalen nonpolar.

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 85%, 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:

STOIKIOMETRI 2

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 H_2O . 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.

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. Untuk menyelesaikan soal-soal perhitungan kimia digunakan konsep stoikiometri yaitu antara lain: konsep massa atom relatif, massa molekul relatif, persamaan reaksi kimia, hukum dasar perhitungan kimia, massa reaktan, massa produk hasil reaksi kimia, rumus molekul dan rumus empiris serta konsep mol.

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

- 3.11 Menerapkan konsep massa atom relatif dan massa molekul relatif, persamaan reaksi, hukum-hukum dasar kimia, dan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia.



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 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 konsep mol, konsep massa molar, volume molar gas, rumus molekul, rumus empiris, rumus senyawa hidrat, kadar suatu zat serta dapat menyelesaikan perhitungan kimia dengan menggunakan konsep mol dan hukum dasar kimia.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. menjelaskan pengertian mol sebagai satuan jumlah zat;
2. mengkonversikan jumlah mol dengan jumlah partikel, massa dan volume suatu zat;
3. menjelaskan konsep massa molar;
4. menjelaskan konsep volume molar gas;
5. menentukan massa zat atau volum gas menggunakan konsep massa molar dan volume molar gas;
6. menentukan rumus molekul dan rumus empiris suatu senyawa melalui data percobaan;
7. menentukan rumus senyawa hidrat berdasarkan data percobaan;
8. menghitung Kadar zat (persentase massa, persentase volume, bagian per Juta atau part per million, molaritas, molalitas, fraksi mol).

C. Uraian Materi

Pada modul B ini dibahas mengenai konsep mol, massa molar, volume molar gas, rumus empiris dan rumus molekul, senyawa hidrat, serta perhitungan kadar zat.



1. Konsep Mol

Dalam mempelajari ilmu kimia perlu diketahui suatu kuantitas yang berkaitan dengan jumlah atom, molekul, ion atau elektron dalam suatu cuplikan zat. Dalam satuan sistem internasional (SI), satuan dasar dari kuantitas ini disebut mol.

Mol adalah jumlah zat suatu sistem yang mengandung sejumlah besaran elementer (atom, molekul dsb) sebanyak atom yang terdapat dalam 12 gram tepat isotop karbon-12 (^{12}C). Jumlah besaran elementer ini disebut tetapan Avogadro (dahulu disebut bilangan Avogadro) dengan lambang L (dahulu N). Dengan demikian, yang dimaksud satu mol suatu zat adalah banyaknya zat tersebut yang mengandung $6,022 \times 10^{23}$ partikel, molekul, ion, atau gabungan partikel-partikel. Satu mol suatu zat dinyatakan dalam rumus kimia zat tersebut. Maka massa satu mol suatu zat adalah massa zat tersebut yang sesuai dengan A_r nya atau M_r nya dinyatakan dalam gram.

$$a \text{ gram suatu senyawa } X = \frac{a}{A_r X} \text{ mol}$$



Gambar 2.1 Satu mol dari beberapa unsur berlawanan arah jarum jam dari kiri bawah: Tembaga, besi, belerang, meekuri dan karbon (sumber Chang 2005)

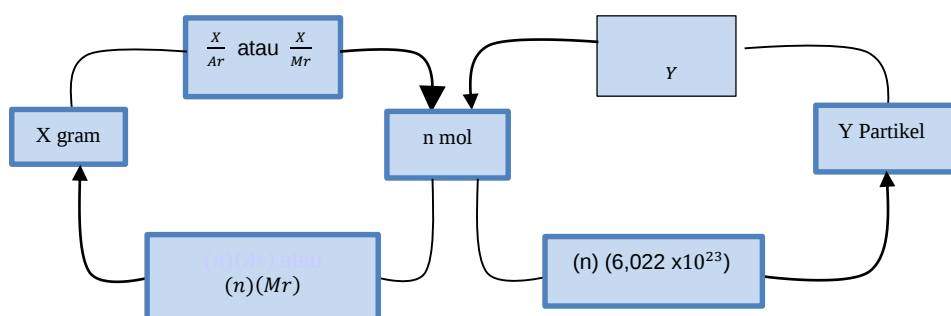
n mol suatu unsur X , massanya = $n \times A_r (X)$ gram

n mol suatu unsur X mengandung $n \times 6,022 \times 10^{23}$ atom unsur X

$$b \text{ atom suatu unsur } X = \frac{b}{6,022 \times 10^{23}} \text{ mol unsur } X$$

Untuk lebih memahami tentang hubungan antara mol, dengan massa zat, jumlah mol, dan jumlah partikel ditunjukkan interkonversi pada gambar

2.2.



Gambar 2..2. Interkonversi massa zat, jumlah mol, dan jumlah



Contoh Soal 1 :

Jika diketahui Ar Ca = 40, maka hitunglah :

- berapa gram massa 2 mol Ca
- berapa mol 10 gram Ca
- berapa atom Ca yang terdapat dalam 10 gram Ca
- berapa mol 6 atom Ca
- berapa gram massa 3×10^{23} atom Ca ?

Penyelesaian :

Untuk menyelesaikan soal-soal tersebut, lihat konversi massa zat, jumlah mol, dan jumlah partikel pada gambar 2.

- Massa 1 mol Ca = 40 gram

Maka massa 2 mol Ca = $(n) \times Ar = 2 \times 40 \text{ g} = 80 \text{ gram}$

- 40 g Ca = 1 mol

$$10 \text{ g Ca} = \frac{10}{40} \text{ mol} = 0,25 \text{ mol}$$

- 1 mol Ca mengandung $6,022 \times 10^{23}$ atom Ca maka :

$$0,25 \text{ mol Ca mengandung} = (0,25) \times 6,022 \times 10^{23} \text{ atom Ca} = 1,5055 \times 10^{23} \text{ atom Ca}$$

- 6 atom Ca = $\frac{6}{6,022 \times 10^{23}} \text{ mol} = 0,996 \times 10^{-23} \text{ mol}$

- Massa 3×10^{23} atom Ca = $\frac{3 \times 10^{23}}{6,022 \times 10^{23}} \text{ mol} \times Ar \text{ Ca}$
 $= (0,498) (40) \text{ g}$
 $= 19,92 \text{ gram}$

2. Massa Molar

Berdasarkan definisi SI tentang mol, Tetapan Avogadro dari atom-atom karbon-12 akan diperoleh jika kita menimbang secara tepat 12 g isotop C-12. Karena karbon terdapat di alam dalam campuran dua isotop C-12 dan C-13 maka massanya merupakan massa rata-rata kedua isotop tersebut, yaitu sebesar 12,011 sma, sehingga sejumlah tetapan Avogadro atom C akan diperoleh jika kita mengambil 12,011 g karbon-12. Jadi, 1 mol karbon memiliki massa 12,011 g. Massa dari karbon – 12 ini adalah massa molar (M) didefinisikan sebagai massa (dalam gram atau kilogram) dari 1 mol entitas (seperti atom atau molekul) zat.



Perhatikan bahwa angka massa molar karbon-12 (dalam gram) sama dengan angka massa atomnya dalam sma. Demikian juga, massa atom dari natrium (Na) adalah 22,99 sma dan massa molarnya adalah 22,99 gram. Massa atom fosfor adalah 30,97 sma dan massa molarnya adalah 30,97 gram. Jika kita mengetahui massa atom dari suatu unsur, maka kita mengetahui juga massa molarnya.

Dengan menggunakan massa atom dan massa molar, kita dapat menghitung massa (dalam gram) dari satu atom karbon-12. Dari pembahasan di atas kita tahu bahwa 1 mol atom karbon-12 beratnya tepat 12 gram. Kita dapat menuliskan kedalam persamaan :

$$12,00 \text{ g karbon-12} = 1 \text{ mol atom karbon-12}$$

Karena itu kita dapat menuliskan faktor satuannya :

$$\frac{12,00 \text{ g karbon-12}}{1 \text{ mol atom karbon-12}} = 1$$

Perhatikan bahwa kita menggunakan satuan mol untuk menggambarkan mol dalam perhitungan. Sama halnya, karena ada $6,022 \times 10^{23}$ atom dalam 1 mol atom karbon-12 kita dapatkan :

$$1 \text{ mol atom karbon-12} = 6,022 \times 10^{23} \text{ atom karbon-12}$$

Dan faktor satuannya adalah :

$$\frac{1 \text{ mol atom karbon-12}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom karbon-12}} = 1$$

Sekarang kita dapat menghitung massa (dalam gram) satu atom karbon-12 sebagai berikut :

$$1 \text{ atom karbon-12} \times \frac{1 \text{ mol atom karbon-12}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom karbon-12}} \times \frac{12,00 \text{ g karbon-12}}{1 \text{ mol atom karbon-12}} = 1,993 \times 10^{-23} \text{ g karbon-12}$$

Kita dapat menggunakan hasil ini untuk menentukan hubungan antara satuan massa atom dan gram. Karena massa tiap atom karbon-12 adalah tepat 12 sma, jumlah dalam gram yang setara dengan 1 sma adalah :

$$\frac{\text{gram}}{\text{sma}} = \frac{1,993 \times 10^{-23} \text{ g}}{1 \text{ atom karbon-12}} \times \frac{1 \text{ atom karbon-12}}{12 \text{ sma}} = 1,661 \times 10^{-24} \text{ g/sma}$$



Jadi 1 sma = $1,661 \times 10^{-24}$ g

dan 1 g = $6,022 \times 10^{23}$ sma

Contoh ini menunjukkan bahwa bilangan Avogadro dapat digunakan untuk mengubah satuan massa atom menjadi massa dalam gram dan sebaliknya.

Konsep bilangan Avogadro dan massa molar memungkinkan kita untuk melakukan konversi antara massa dan mol atom, dan antara jumlah atom dan massa serta menghitung massa dari satu atom. Kita akan menggunakan faktor-faktor satuan ini dalam perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{1 \text{ mol X}}{\text{massa molar dari X}} = 1 \frac{1 \text{ mol X}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom X}} = 1$$

Dimana X melambangkan unsur. Gambar 3 meringkas hubungan antara massa suatu unsur dan jumlah mol dari unsur tersebut serta antara mol suatu unsur dan jumlah atom unsur tersebut. Dengan menggunakan faktor satuan yang benar kita dapat mengubah suatu kuantitas menjadi kuantitas yang lain.

Contoh soal 2 :

Seng (Zn) adalah logam berwarna perak yang digunakan untuk membuat kuningan (bersama tembaga) dan melapisi besi untuk mencegah korosi. Ada berapa gram Zn dalam 0,356 mol Zn?

Penyelesaian :

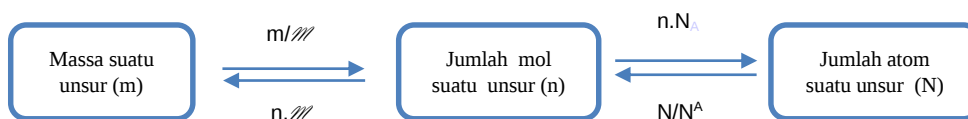
Untuk mengubah mol menjadi gram kita memerlukan faktor satuan :

$$\frac{\text{massa molar dari Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 1$$

Karena massa molar Zn adalah 65,39 g, maka massa Zn adalah 0,356 mol adalah :

$$0,356 \text{ mol Zn} \times \frac{65,39 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 23,3 \text{ gram Zn.}$$

Jadi terdapat 23,3 gram Zn dalam 0,356 mol Zn.



Gambar 2. 3. Hubungan antar massa (dalam gram) suatu unsur dan jumlah mol unsur tersebut, serta antara jumlah mol suatu unsur dan jumlah atom unsur tersebut.



Untuk zat yang tersusun dari kumpulan atom (molekul) atau merupakan pasangan ion-ion maka massa 1 mol zat tersebut sama dengan massa molekul relatif atau massa rumus relatif zat tersebut dalam gram. Massa molekul relatif dan massa rumus relatif suatu senyawa dapat diketahui dari penjumlahan massa atom relatif unsur-unsur penyusun senyawanya. Menurut Anda, berapakah massa molar dari H_2O dan NaCl ?

3. Volume Molar

Menurut Amedeo Avogadro: pada suhu dan tekanan tertentu, setiap gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama. Artinya, gas apapun selama volumenya sama dan diukur pada P dan T yang sama akan mengandung jumlah molekul yang sama. Jika jumlah molekul gas sebanyak tetapan Avogadro ($L=6,02 \times 10^{23}$ molekul) maka dapat dikatakan jumlah gas tersebut adalah satu mol.

Volume yang ditempati oleh 1 mol suatu gas bervariasi bergantung pada tekanan dan temperatur. Sebaliknya, banyaknya gas yang terdapat pada suatu volume tertentu bervariasi bergantung pada keadaan (tekanan dan temperatur). Oleh karena itu, berkaitan dengan gas diperlukan kondisi tekanan dan temperatur standar. Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada Hukum Avogadro, pada 0°C dan 1 atm (STP, *Standard Temperature and Pressure*), volume satu mol gas adalah 22,4 liter. Volume satu mol gas ini dikenal dengan volume molar gas, disingkat V_m .

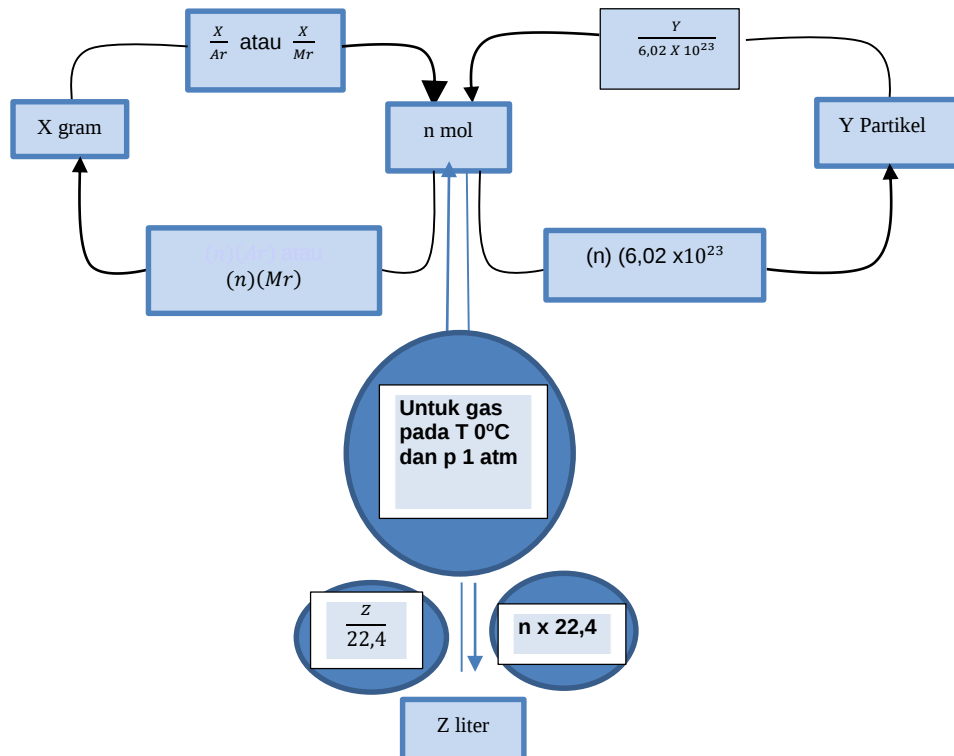
Bagaimana menentukan volum gas yang terlibat dalam suatu reaksi, jika diketahui massanya? Untuk perhitungan ini harus diketahui dulu hubungan mol dengan volum pada suhu dan tekanan tertentu. Data percobaan di bawah ini menunjukkan volum dari beberapa gas pada 273°K (0°C) dan tekanan 76 cmHg (1 atm) untuk setiap 1 mol gas.

Tabel 2.1. Volum beberapa gas untuk setiap 1 mol gas

Nama	Rumus Gas	Massa Molar (gram)	Volume Molar Gas (liter)
Oksigen	O_2	32	22,397
Nitrogen	N_2	28,02	22,402
Hidrogen	H_2	2,02	22,433
Helium	He	4,003	22,434
Karbon Dioksida	CO_2	44	22,260



Dari data ini dapat diambil rata-rata volum setiap 1 mol gas pada suhu 0°C dan tekanan 76 cmHg adalah 22,4 liter. Volume itu disebut volum molar gas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa : Volum molar gas menunjukkan volum satu mol gas pada keadaan standar. Interkonversi massa zat, jumlah mol, jumlah partikel dan volume molar ditunjukkan pada gambar 2. 4.



Gambar 2. 4. Interkonversi massa zat, jumlah mol, dan jumlah partikel dan volume molar

Contoh soal 3 :

Diketahui : suatu gas diukur pada keadaan standar (0°C , 1 atm) :

- 1) Berapa volume 4,4 g gas CO_2 ($Mr = 44$)
- 2) Berapa massa dan banyaknya molekul gas SO_3 ($Mr = 80$) yang terdapat dalam 11,2 liter gas SO_3 ;
- 3) Berapa liter volume $3,01 \times 10^{22}$ molekul gas NH_3 ?

Penyelesaian :

1) $4,4 \text{ g gas CO}_2 = \frac{4,4}{44} \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$

Volume (STP) $4,4 \text{ gram gas CO}_2 = 0,1 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1}$
 $= 2,24 \text{ L}$

2) $11,2 \text{ L gas SO}_3 = \frac{11,2 \text{ L}}{22,4 \text{ L mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}$



Massa 11,2 L gas $\text{SO}_3 = 0,5 \text{ mol} \times 80 \text{ g mol}^{-1} = 40 \text{ gram}$

Banyaknya molekul dalam 11,2 liter gas $\text{SO}_3 = \text{mol} \times \text{bil. Avogadro}$

$= (0,5 \text{ mol}) \times (6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1})$

$= 3,01 \times 10^{23} \text{ molekul}$

$$3) 3,01 \times 10^{22} \text{ molekul gas NH}_3 = \frac{3,01 \times 10^{22} \text{ molekul}}{6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1}}$$

Volume $3,01 \times 10^{22} \text{ molekul gas NH}_3 = 0,05 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1}$

$= 1,12 \text{ L}$

Bagaimana menentukan volume suatu gas pada keadaan tidak standar? Untuk menentukan volume gas pada suhu dan tekanan tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal. Persamaan gas ideal adalah suatu persamaan yang diturunkan berdasarkan asumsi para pakar kimia dengan mengacu pada hasil-hasil percobaan seperti Charles, Amonton, Boyle, dan Gay-Lussac.

Hukum Charles menyatakan bahwa: pada tekanan tetap, volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya. Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$V \approx T$$

Hukum Amonton menyatakan bahwa: pada volume tetap, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya. Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$P \approx T$$

Boyle dan Gay-Lussac menggabungkan ketiga besaran gas (tekanan, suhu, dan volume) menghasilkan persamaan berikut:

$$PV \approx T$$

Menurut Avogadro, persamaan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$PV = RT$$

$$\boxed{PV = nRT}$$

R adalah tetapan molar gas yang tidak bergantung pada P, T, dan V, tetapi hanya bergantung pada jumlah mol gas. Menurut percobaan, nilai $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1}$. Berdasarkan uraian tersebut, persamaan gas ideal dapat ditulis sebagai berikut :



Dimana :

P = tekanan gas (atm), V = volume gas (L)

n = mol gas = $\frac{\text{massa}}{Ar}$ atau $\frac{\text{massa}}{Mr}$, T = Temperatur (K)

R = Tetapan gas umum = $0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Contoh Soal 4 :

Berapa liter volume 4 g gas metana (CH_4) yang diukur pada temperature 37°C dan tekanan 750 mmHg?

Penyelesaian :

$P = 750 \text{ mmHg} = \left(\frac{750}{760}\right) \text{ atm}$; $T = 37^\circ\text{C} = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}$

$n = \frac{\text{Massa } \text{CH}_4}{Mr \text{ CH}_4} \text{ mol} = \frac{4}{16} \text{ mol} = 0,25 \text{ mol}$; $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$PV = n R T$

$$V = \frac{n R T}{P} = \frac{0,25 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 310 \text{ K}}{\frac{750}{760} \text{ atm}} = 6,44 \text{ L}$$

Apabila temperatur dan tekanan tidak diketahui dengan bilangan, akan tetapi diketahui suatu keadaan yang lain pada temperature dan tekanan yang sama maka digunakan hipotesis Avogadro.

“Pada temperature dan tekanan yang sama, gas-gas yang bervolume sama mengandung jumlah mol yang sama”

Contoh Soal 5 :

Pada temperatur dan tekanan tertentu, 0,34 g gas ammonia (NH_3), $Mr = 17$. bervolume 0,46 L. Pada temperatur dan tekanan yang sama, berapa liter volume 0,28 g gas nitrogen ?

Penyelesaian :

$\text{NH}_3 = 0,34 \text{ g} = \frac{0,34}{17} \text{ mol} = 0,02 \text{ mol}$

$\text{N}_2 = 0,28 \text{ g} = \frac{0,28}{28} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$

Maka pada temperatur dan tekanan yang sama : 0,02 mol gas NH_3 bervolume 0,46 L, maka 0,02 mol gas N_2 juga bervolume 0,46 L.

Maka 0,01 mol gas N_2 bervolume = $\frac{0,01}{0,02} \times 0,46 \text{ L} = 0,23 \text{ Liter}$



4. Rumus Empiris, Rumus molekul dan Senyawa Hidrat

Hukum perbandingan tetap merupakan hukum yang mengendalikan penulisan rumus kimia baik berupa rumus empiris maupun rumus molekul. Jika orang berhasil menemukan atau membuat suatu senyawa maka perlu dianalisis unsur-unsur yang terkandung dalam senyawa itu secara kualitatif dan kuantitatif, atau ditentukan persen komposisi unsurnya secara eksperimen. Sehingga dari data ini dapat ditentukan rumus empiris dan rumus molekul senyawa tersebut.

a. Rumus Empiris

Rumus empiris adalah rumus yang paling sederhana yang menyatakan perbandingan atom-atom dari berbagai unsur pada senyawa. Kita dapat menentukan rumus empiris senyawa jika kita mengetahui persen komposisinya yang memungkinkan kita untuk mengidentifikasi senyawa melalui percobaan. Rumus empiris dapat ditentukan dari data:

- 1) Macam unsur dari senyawa (analisis kualitatif)
- 2) Persen komposisi unsur (analisis kuantitatif) dan
- 3) Massa atom relatif unsur-unsur yang bersangkutan.

Cara menentukan rumus empiris suatu senyawa dapat dilakukan dalam tahap-tahap berikut:

- 1) Tentukan massa setiap unsur dalam sejumlah massa tertentu senyawa atau persen massa setiap unsur. Dari data ini dapat diperoleh massa relatif unsur yang terdapat dalam senyawa.
- 2) Membagi massa setiap unsur dengan massa atom relatif, sehingga memperoleh perbandingan mol setiap unsur atau perbandingan atom.
- 3) Mengubah perbandingan yang diperoleh pada point 2) menjadi bilangan sederhana dengan cara membagi dengan bilangan bulat terkecil.

Contoh soal 6:

Pada pembakaran 11,5 g etanol dihasilkan 22,0 g gas karbon dioksida (CO_2) dan 13,5 g uap air (H_2O). Tentukan rumus empiris dari senyawa etanol tersebut!

Penyelesaian:

Langkah awal kita hitung massa karbon dan hidrogen dari 11,5 g sampel awal etanol sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Massa C} &= 22,0 \text{ g } \cancel{\text{CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CO}_2}{44,01 \text{ g } \cancel{\text{CO}_2}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{CO}_2}} \times \frac{12,01 \text{ g } \text{C}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{C}}} \\ &= 6,00 \text{ g C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa H} &= 13,5 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}}{18,02 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{2 \text{ mol } \text{H}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{1,008 \text{ g } \text{H}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{H}}} \\ &= 1,51 \text{ g H}\end{aligned}$$

Jadi dalam 11,5 g etanol terdapat 6 g karbon dan 1,51 g hidrogen, sisanya tentulah oksigen yang massanya adalah :

$$\begin{aligned}\text{Massa O} &= \text{massa sampel} - (\text{massa C} + \text{massa H}) \\ &= 11,5 \text{ g} - (6,00 \text{ g} + 1,51 \text{ g}) \\ &= 4,0 \text{ gram}\end{aligned}$$

Jumlah mol dari tiap unsur dalam 11,5 g etanol adalah :

$$\begin{aligned}\text{Massa C} &= 6,00 \text{ g } \cancel{\text{C}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}}{12,01 \text{ g } \cancel{\text{C}}} \\ &= 0,500 \text{ mol C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa H} &= 1,51 \text{ g } \cancel{\text{H}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}}{1,008 \text{ g } \cancel{\text{H}}} \\ &= 1,50 \text{ g H}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa O} &= 4,0 \text{ g } \cancel{\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}}{16,00 \text{ g } \cancel{\text{O}}} \\ &= 0,25 \text{ mol O}\end{aligned}$$

Jadi rumus etanol adalah $\text{C}_{0,50} \text{H}_{1,5} \text{O}_{0,25}$.

Karena jumlah atom haruslah berupa bilangan bulat, maka kita bagi dengan 0,25 sehingga kita dapatkan rumus empiris untuk senyawa etanol adalah $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

b. Rumus Molekul

Rumus molekul yaitu rumus yang menyatakan jenis unsur dan banyaknya masing-masing unsur yang terkandung dalam satu molekul suatu zat, dimana harus diketahui terlebih dahulu massa molekul relatifnya.

Rumus molekul menggambarkan jumlah atom sebenarnya dari tiap unsur dalam molekul suatu senyawa. Rumus molekul merupakan kelipatan bulat (kelipatan satu, dua, tiga, empat, dan seterusnya) dari rumus empiris. Oleh karena itu, rumus molekul suatu senyawa dapat dituliskan sebagai $(\text{RE})_n$, dengan RE sebagai rumus empiris dan n sebagai bilangan bulat. Rumus



molekul senyawa baru dapat ditentukan apabila nilai n diketahui. Penentuan nilai n memerlukan data massa molekul relatif senyawa yang diperoleh dari percobaan.

Contoh soal 7:

- 1) Dari hasil analisis kimia yang dilakukan ditemukan bahwa cuplikan (contoh) senyawa yang bernama Hidrazin terdiri atas 87,42 % massa N dan 12,58 % massa H. Bagaimanakah rumus empiris dan rumus molekulnya?

Penyelesaian :

Massa atom N =14, dan H=1

$$\text{Mol N} = \frac{87,42 \text{ g N}}{14 \text{ g N}} \times 1 \text{ mol} = 6,24 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H} = \frac{12,58 \text{ g H}}{1 \text{ g H}} \times 1 \text{ mol} = 12,58 \text{ mol}$$

$$\text{mol atom N} : \text{mol atom H} = 6,24 : 12,58. = 1: 2$$

Rumus empiris hidrazin adalah $(\text{NH}_2)_n$.

Bagaimana menentukan rumus molekul hidrazin?

Hasil percobaan menunjukkan bahwa $M_r(\text{Hidrazin}) = 32$.

$$M_r(\text{Hidrazin}) = n [A_r(\text{N}) + 2A_r(\text{H})]$$

$$32 = 16 n$$

$$n = 2$$

Maka Rumus empiris hidrazin $(\text{NH}_2)_n$ dimana $n=2$.

Dengan demikian, rumus molekul hidrazin merupakan kelipatan dua dari rumus empiris hidrazin NH_2 . Jadi rumus molekul hidrazin adalah N_2H_4 .

- 2) Suatu senyawa C dan H mengandung 6 gram C dan 1 gram H. Tentukanlah rumus empiris dan rumus molekul senyawa tersebut bila diketahui M_r nya = 28!

Penyelesaian

$$\text{mol C} : \text{mol H} = 6/12 : 1/1 = 1/2 : 1 = 1 : 2$$

Jadi rumus empirisnya: $(\text{CH}_2)_n$

Bila M_r senyawa tersebut = 28, maka:

$$(\text{CH}_2)_n = 28$$



$$12n + 2n = 28$$

$$14n = 28$$

$$n = 2$$

Jadi rumus molekulnya: $(CH_2)_2 = C_2H_4$

- 3) Untuk mengoksidasi 20 ml suatu hidrokarbon (C_xH_y) dalam keadaan gas diperlukan oksigen sebanyak 100 ml dan dihasilkan CO_2 sebanyak 60 ml. Tentukan rumus molekul hidrokarbon tersebut!

Penyelesaian :

Persamaan reaksi pembakaran hidrokarbon secara umum :



Koefisien reaksi menunjukkan perbandingan mol zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Menurut Gay Lussac gas-gas pada P, t yang sama, jumlah mol berbanding lurus dengan volumenya. Maka:

Mol C_xH_y	:	mol O_2	:	mol CO_2
1	:	$(x + 1/4 y)$	:	x
20	:	100	:	60
1	:	5	:	3

Atau

$$1 : 3 = 1 : x \longrightarrow x = 3$$

$$1 : 5 = 1 : (x + 1/4 y) \longrightarrow y = 8$$

Jadi rumus senyawa hidrokarbon tersebut adalah: C_3H_8

c. Rumus Senyawa Hidrat

Selain rumus empiris dan rumus molekul kita juga mengenal senyawa hidrat.

Senyawa hidrat adalah senyawa yang mengandung sejumlah tertentu molekul air. Biasanya molekul air yang terikat dalam senyawa tersebut disebut dengan senyawa air kristal.

Senyawa air Kristal adalah senyawa yang mengandung sejumlah tertentu molekul air yang terdapat dalam suatu kristal yang dinyatakan dalam rumus kimianya.



Contoh Soal 8:

- 1) Untuk menentukan air kristal yang dibuat dari CuSO_4 menjadi $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$, maka 4,99 g $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ dipanaskan hingga membentuk CuSO_4 anhidrat (CuSO_4 tidak mengandung air) sebanyak 3,19 g. Berapa jumlah air kristal dalam $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Massa H}_2\text{O} &= \text{massa CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O} - \text{massa CuSO}_4 \text{ anhidrat} \\ &= (4,99 - 3,19) \text{ g} \\ &= 1,8 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perbandingan mol CuSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} &= \frac{3,19}{Mr \text{ CuSO}_4} : \frac{1,8}{Mr \text{ H}_2\text{O}} \\ &= \frac{3,19}{159,5} : \frac{1,8}{18} \\ &= 0,02 : 0,1 \\ &= 1 : 5\end{aligned}$$

Maka rumus molekul garam $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

- 2) Sebanyak 24,0 gram magnesium sulfat anhidrat bergabung dengan 25,2 gram air membentuk senyawa magnesium sulfat hidrat. Tentukan rumus senyawa hidrat tersebut. ($Mr \text{ MgSO}_4 = 120$, $\text{H}_2\text{O} = 18$)

Penyelesaian :

$$Mr \text{ MgSO}_4 = 120$$

$$Mr \text{ H}_2\text{O} = 18$$

$$\begin{aligned}\text{Perbandingan mol MgSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} &= \frac{24,0}{Mr \text{ MgSO}_4} : \frac{25,2}{Mr \text{ H}_2\text{O}} \\ &= \frac{24,0}{120} : \frac{25,2}{18} \\ &= 0,2 : 1,4 \\ &= 1 : 7\end{aligned}$$

Maka rumus molekul garam $\text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ adalah $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$



5. Kadar Zat

Pada umumnya zat yang tersedia dalam kehidupan sehari-hari tidak dalam keadaan murni tetapi selalu bercampur dengan zat lain. Untuk menyatakan jumlah zat dalam campuran maka digunakan kemurnian (kadar). Kemurnian suatu zat dapat ditentukan sebagai berikut:

a. Kemurnian berdasarkan perhitungan % zat

$$\text{Kemurnian suatu zat} = \frac{\% \text{ zat hasil eksperimen}}{\% \text{ zat secara teoritis}} \times 100\%$$

b. Kemurnian berdasarkan perbandingan massa

$$\text{Kemurnian suatu zat} = \frac{\text{massa zat hasil eksperimen}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

Contoh soal 9:

Suatu sampel garam nitrat (AgNO_3) mengandung 60,35% perak. Berapa persen kemurnian perak dalam sampel?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Persentase Ag dalam } \text{AgNO}_3 &= \frac{\text{jumlah atom Ag} \times \text{Ar Ag}}{\text{Mr AgNO}_3} \times 100\% \\ &= \frac{1 \times 108}{170} \times 100\% \\ &= 63,5\% \end{aligned}$$

Jika sampel murni AgNO_3 maka sampel akan mengandung Ag = 63,5%

Kenyataannya sampel hanya mengandung = 60,35% Ag

$$\text{Maka kemurnian Ag dalam sampel} = \frac{60,35\%}{63,5\%} \times 100\% = 95\%$$

6. Konsentrasi Larutan

Di laboratorium banyak kita temukan larutan dalam botol yang berlabel, dimana tertera nama larutan dan konsentrasinya. Misalnya HCl 1 M, NaOH 0,1 M dan H_2SO_4 0,5 M. Dalam pembuatan larutan di laboratorium, kita kenal istilah “konsentrasi”. Bila larutan pekat berarti konsentrasinya tinggi, dan bila larutan encer berarti larutan tersebut mempunyai konsentrasi rendah. Larutan dengan konsentrasi tinggi berarti memerlukan lebih banyak zat terlarut daripada larutan dengan konsentrasi rendah.

Konsentrasi adalah jumlah relatif zat terlarut dan pelarut dalam satuan tertentu pelarut. Konsentrasi larutan ada yang dinyatakan sebagai kuantitas setiap satuan



volume dan satuan konsentrasi yang berbeda bergantung pada satuan dari kuantitas dan volume.

Jenis-jenis konsentrasi adalah:

a. Konsentrasi dalam persen

Persen konsentrasi dapat dinyatakan dengan persen berat (%W/W), persen volume (%V/V), dan persen berat-volume (%W/V).

1) Persen berat (%W/W)

$$\text{Persen berat (\%W/W)} = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{gram zat terlarut} + \text{gram pelarut}} \times 100$$

2) Persen volume (%V/V)

$$\text{Persen berat (\%V/V)} = \frac{\text{mL zat terlarut}}{\text{mL larutan}} \times 100$$

3) Persen berat / volume (% W/V)

$$\text{Persen berat-volume (\%W/V)} = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{mL larutan}} \times 100$$

b. Fraksi mol (x)

$$\text{Fraksi mol A} = x_A = \frac{\text{jumlah mol A}}{\text{jumlah mol semua komponen}}$$

$$\text{Fraksi mol zat terlarut} = \frac{\text{jumlah mol zat terlarut}}{\text{jumlah mol zat terlarut} + \text{jumlah mol pelarut}}$$

$$\text{Fraksi mol pelarut} = \frac{\text{jumlah mol pelarut}}{\text{jumlah mol zat terlarut} + \text{jumlah mol pelarut}}$$

c. Kemolaran (M)

Kemolaran atau konsentrasi Molar (M), Suatu larutan menyatakan jumlah mol spesi zat terlarut dalam 1 liter larutan atau jumlah milimol dalam 1 mL larutan.

$$\text{Kemolaran (M)} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

d. Kemolalan (m)

Kemolalan (m) menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1000 gram (1 kg) pelarut.

$$\text{Kemolalan (m)} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{1000 \text{ g pelarut}} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{kg pelarut}}$$



D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi Stoikiometri 2 (konsep mol, volume molar gas, rumus empiris dan rumus molekul, senyawa hidrat, kadar zat) 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.

VOLUM MOLAR GAS

I. Pendahuluan

Hipotesis Avogadro menyatakan bahwa gas-gas bervolum sama mengandung jumlah molekul yang sama pula, jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Hal itu berarti bahwa gas-gas dengan jumlah molekul sama akan mempunyai volum yang sama pula, jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Oleh karena 1 mol setiap gas mempunyai jumlah molekul sama (yaitu $6,02 \times 10^{23}$ molekul), maka pada suhu dan tekanan yang sama. Bagaimana dengan volume gas pada suhu dan tekanan tertentu? Untuk menentukannya cobalah lakukan percobaan berikut.

II. Tujuan Percobaan

Menentukan volum molar gas hidrogen

III. Alat dan bahan

Alat-alat:

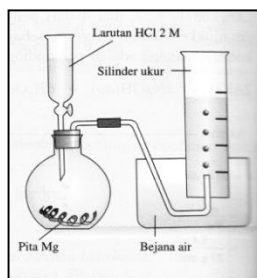
- Bejana air
- Gelas ukur
- Pipa bengkok
- Corong pisah
- Labu dasar rata bertutup

Bahan:

- Pita magnesium
- HCl 1 M
- Ampelas

IV. Cara kerja

1. Ampelaslah pita magnesium sepanjang 50 cm hingga bersih, kemudian timbang dengan teliti. Potonglah pita magnesium sepanjang 4 cm. Tentukan massa potongan pita magnesium tersebut.
2. Masukkan potongan pita magnesium kedalam labu dasar datar. Siapkan air di dalam gelas ukur terbalik dalam bejana air seperti pada gambar (dalam gelas ukur jangan ada gelembung gas).
3. Susun peralatan seperti pada gambar di bawah.



4. Teteskan larutan HCl 1 M ke dalam labu. Biarkan reaksi berlangsung sampai seluruh pita magnesium habis bereaksi. Segera tutup corong bila semua magnesium telah bereaksi.
5. Amati perubahan volum air dalam silinder ukur.
6. Catat volume gas H_2 yang terbentuk dengan menghitung perubahan volum air dalam silinder ukur dari volum awalnya.
7. Ukur suhu air dalam bejana dan tekanan udara.

Perhatian: HCl adalah zat yang bersifat asam, jika terkena kulit segera siram dengan air sebanyak-banyaknya dan laporkan kepada gurumu.

V. Tabel Pengamatan

Massa 50 cm pita Magnesium	 gram
Panjang potongan pita magnesium	 cm
Massa potongan pita magnesium	 gram
Volum gas H_2 yang terbentuk	 ml
Suhu air dalam bejana	 $^{\circ}C$
Tekanan Udara	 mmHg

VI. Pertanyaan

Berdasarkan hasil pengamatan di atas jawablah pertanyaan berikut:

1. Mengapa pita magnesium yang digunakan harus diampelas terlebih dahulu?
.....
2. Gas apa yang terbentuk dalam silinder ukur?
.....
3. Tuliskan reaksi yang terjadi antara pita magnesium dengan asam klorida tersebut!
.....
4. Dengan data volum gas hidrogen yang terbentuk, hitung volum molar gas pada suhu dan tekanan percobaan!
.....
5. Berapakah volum 1 mol gas O_2 pada suhu dan tekanan yang sama dengan suhu dan tekanan udara dalam percobaan ini?
.....

Catatan:

- Alat-alat untuk percobaan ini dapat pula hanya menggunakan gelas ukur 100 mL dan bejana air. Caranya gelas ukur isi dengan HCl setengahnya kemudian tambahkan air sampai penuh, tutup dengan kertas dan balikkan didalam bejana air. Jangan sampai ada udara pada gelas ukur. Selanjutnya masukkan logam Mg yang sudah dibentuk spiral dari bawah gelas ukur. Ukur volume gas yang dihasilkan.



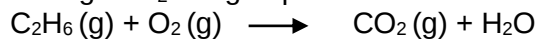
E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

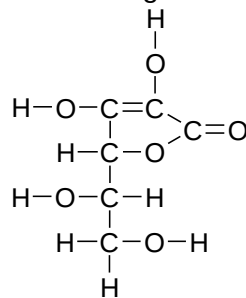
1. Jumlah molekul didalam 128 gram kristal belerang rombic (Ar S= 32, L= 6 x 10²³) adalah ...
A. 0,25 x 6 x 10²³
B. 0,50 x 6 x 10²³
C. 1 x 6 x 10²³
D. 2 x 6 x 10²³

2. Pada suhu dan tekanan tertentu terjadi pembakaran sempurna gas C₂H₆ oleh 3,5 liter gas O₂ dengan persamaan reaksi:



Volume gas CO₂ yang dihasilkan adalah ...

3. Vitamin C memiliki rumus struktur sebagai berikut.



Manakah di bawah ini yang merupakan rumus empiris dari vitamin C?

- A. C₂H₃O₂
B. C₃H₄O₃
C. C₄H₅O₄
D. C₅H₈O₅
4. Senyawa hidrokarbon terdiri dari 80% karbon dan sisanya hidrogen, jika massa molekul relatif senyawa tersebut sama dengan 30 maka rumus senyawa tersebut adalah...
A. CH₄
B. C₂H₆
C. C₂H₄
D. C₃H₈
5. Untuk menentukan air kristal dalam senyawa natrium fosfat berhidrat, 38 gram garam ini dipanaskan hingga semua air kristalnya menguap, massa yang tersisa sebanyak 16,4 gram, menurut reaksi:
$$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + x\text{H}_2\text{O}$$

Rumus senyawa Natrium fosfat berhidrat adalah...
A. Na₃PO₄ . 5 H₂O
B. Na₃PO₄. 7 H₂O



- C. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

Soal Uraian

- Reaksi di bawah ini diukur pada suhu dan tekanan yang sama.

$$\text{C}_3\text{H}_{6(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
 Jika telah bereaksi 36 liter gas O_2 , maka tentukan:
 - koefisien reaksi
 - Volume gas C_3H_6 yang bereaksi
 - Volume CO_2 dan H_2O yang dihasilkan
- Sejumlah logam aluminium direaksikan dengan 300 mL larutan asam sulfat 0,1 M, menurut reaksi:

$$\text{Al(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$$
 Jika Ar Al=27; H=1; S=32; O= 16, tentukan:
 - massa logam aluminium yang bereaksi
 - volume gas hidrogen yang terjadi pada keadaan standar
 - massa aluminium sulfat yang dihasilkan
- Satu liter gas C_xH_y dibakar menurut reaksi:

$$\text{C}_x\text{H}_{y(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
 Pada pembakaran ini diperlukan 4 liter gas oksigen dan dihasilkan 3 liter gas karbondioksida. Volume gas-gas ini diukur pada suhu dan tekanan yang sama., tentukan rumus C_xH_y !
- Pirimidin tersusun dari 60% karbon, 5% hidrogen, dan sisanya nitrogen. Tentukan:
 - rumus empirisnya
 - rumus molekulnya jika diketahui 1 gram pirimidin mengandung $7,5 \times 10^{21}$ molekul
- Sebanyak 3,8 gram magnesium klorida dilarutkan dalam air dan volume larutan dijadikan tepat 200 mL (Ar Mg = 24; Cl = 35,5)
 - Tentukan kemolaran larutan.
 - Berapa mL air harus ditambahkan ke dalam 20 mL larutan sehingga konsentrasinya menjadi 0,05 M.
 - Sebanyak 50 mL larutan itu dicampurkan dengan 150 mL larutan magnesium klorida 0,4 M, tentukan molaritas campuran ini.

F. Rangkuman

Mol adalah jumlah zat suatu sistem yang mengandung sejumlah besaran elementer (atom, molekul dsb) sebanyak atom yang terdapat dalam 12 gram tepat isotop karbon-12 (^{12}C). Satu mol unsur mempunyai massa yang besarnya sama dengan massa atom unsur tersebut dalam gram. Massa 1 mol zat disebut dengan massa molar. Pada keadaan standar (0°C , 1 atm), 1 mol gas bervolume 22,4 L dan mengandung jumlah partikel yang sama ($6,02 \times 10^{23}$ molekul).



Rumus empiris adalah rumus yang paling sederhana yang menyatakan perbandingan atom-atom dari pelbagai unsur pada senyawa. Rumus molekul yaitu rumus yang menyatakan jenis unsur dan banyaknya masing-masing unsur yang terkandung dalam satu molekul suatu zat, dimana harus diketahui terlebih dahulu massa molekul relatifnya.

Selain rumus empiris dan rumus molekul kita juga mengenal senyawa hidrat yaitu senyawa yang mengandung sejumlah tertentu molekul air. Biasanya molekul air yang terikat dalam senyawa tersebut disebut dengan senyawa air kristal adalah banyaknya molekul air yang terdapat dalam suatu kristal yang dinyatakan dalam rumus kimianya.

Konsentrasi adalah jumlah relatif zat terlarut dan pelarut dalam satuan tertentu pelarut. Konsentrasi larutan ada yang dinyatakan sebagai kuantitas setiap satuan volume dan satuan konsentrasi yang berbeda bergantung pada satuan dari kuantitas dan volume.

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 ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: REDOKS 2 (SEL VOLTA DAN KOROSI)

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. Materi sel elektrolisis merupakan bagian dari Elektrokimia 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 ingin tahunya 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 Guru Pembelajar dapat:

1. memahami konsep sel volta;
2. memahami diagram sel volta;
3. memahami reaksi redoks pada sel volta;
4. memahami konsep korosi.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. menjelaskan konsep sel volta melalui percobaan;



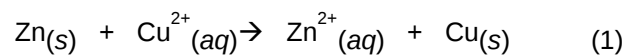
2. mendeskripsikan diagram sel volta melalui gambar;
3. mengurutkan unsur-unsur pada deret volta berdasarkan percobaan reaksi spontan;
4. menjelaskan reaksi redoks pada sel volta melalui percobaan;
5. menghitung potensial sel berdasarkan data potensial standar;
6. mengidentifikasi faktor-faktor penyebab korosi;
7. menuliskan reaksi redoks dalam proses korosi.

C. Uraian Materi

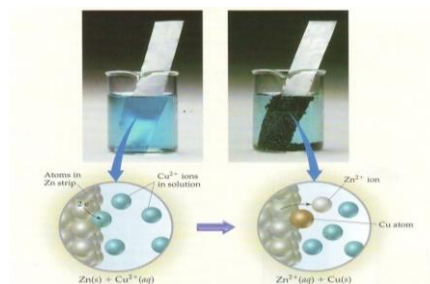
Sel volta (atau sel Galvani) adalah sel elektrokimia yang melibatkan reaksi redoks spontan dan menghasilkan arus listrik.

1. Reaksi Spontan

Reaksi reduksi oksidasi dapat dipecah menjadi dua setengah sel reaksi yaitu reaksi oksidasi dan reduksi yang dapat memberi penjelasan tentang reaksi spontan, dan reaksi spontan yang terjadi pada suatu batre dapat digunakan sebagai sumber arus listrik. Reaksi redoks akan terjadi jika ke dalam larutan tembaga sulfat ditambahkan logam seng, di mana warna biru larutan semakin pudar dan logam tembaga akan menempel pada seng. Suhu larutan akan naik, karena reaksi ini reaksi eksoterm, persamaan reaksinya dapat di tulis sebagai berikut.



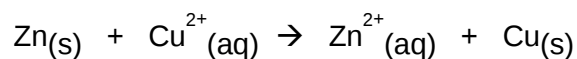
Pada Gambar 3.1 menjelaskan tentang proses terjadinya reaksi reduksi-oksidasi



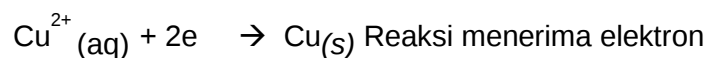
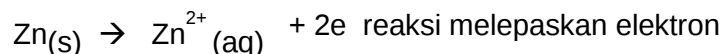
- a. Logam seng dicelupkan kedalam larutan CuSO_4 yang berwarna biru.
- b. Logam seng larut dengan memberi elektron pada ion Cu^{2+} dari $\text{CuSO}_4(\text{aq})$, ion Cu^{2+} berubah menjadi tembaga yang berupa endapan.
- c. Pada akhirnya larutan menjadi tidak berwarna yang mengandung ion Zn^{2+} dan ion Cu^{2+} mengendap sebagai logam Cu.



Larutan tembaga sulfat $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ terdiri atas larutan ion tembaga dan ion sulfat, demikian juga seng sulfat terdiri dari larutan ion seng dan ion sulfat, karena dalam reaksi ini ion sulfat tidak berperan, maka dapat dituliskan persamaan reaksi ion, yang melibatkan spesi yang terlibat pada reaksi tersebut, yaitu:



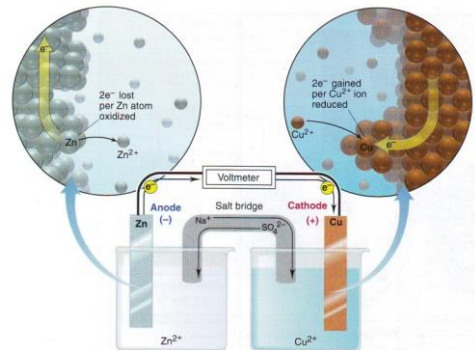
Persamaan ini dapat dipecah menjadi dua setengah reaksi yaitu:



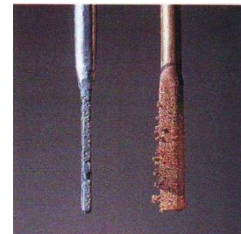
Pada reaksi ini elektron berpindah secara langsung dari seng ke ion Cu^{2+} . Sebaliknya jika logam tembaga dicelupkan dalam larutan ZnSO_4 (seng sulfat) yang tidak berwarna tidak terjadi perubahan apapun, hal ini dapat dijelaskan bahwa seng lebih mudah melepaskan elektron dari pada tembaga, atau seng reduktor lebih kuat dari tembaga. Pada sistem reaksi yaitu reaksi pada tembaga dan seng. Jika sistem tersebut dibuat terpisah, perpindahan elektron akan terjadi tidak langsung atau tidak spontan.

2. Sel Galvani atau Sel Volta

Sel Galvani atau disebut juga dengan **sel Volta** adalah sel elektrokimia yang dapat menyebabkan terjadinya energi listrik dari suatu reaksi redoks yang spontan. Reaksi redoks spontan yang dapat mengakibatkan terjadinya energi listrik ini ditemukan oleh Luigi Galvani dan Alessandro Guiseppe Volta. Perhatikan Gambar 3.2 memperlihatkan komponen penting dari sel Volta.



(a)



(b)

Gambar 3.2 (a) Sel Galvani Jembatan garam (tabung U terbalik) berisi larutan Na_2SO_4 berfungsi sebagai medium penghantar listrik di antara kedua larutan. Arus elektron mengalir keluar dari elektroda Zn (anoda) menuju elektroda Cu (katoda), (b) keadaan anoda Zn dan Katoda Cu setelah terjadi reaksi.

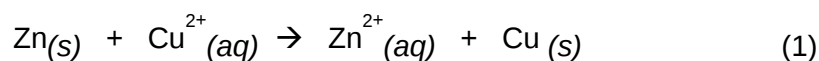
(Sumber: Siberberg, 2007, *Principles of General Chemistry*)

Sel Volta terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

1. **voltmeter**, untuk menentukan besarnya potensial sel.
2. jembatan garam (*salt bridge*), untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan.
3. **anode**, elektrode negatif, tempat terjadinya reaksi oksidasi. pada gambar, yang bertindak sebagai anode adalah elektrode **Zn**/seng (*zink electrode*).
4. **katode**, elektrode positif, tempat terjadinya reaksi reduksi. pada gambar, yang bertindak sebagai katode adalah elektrode **Cu**/tembaga (*copper electrode*).

Proses Pada Sel Volta

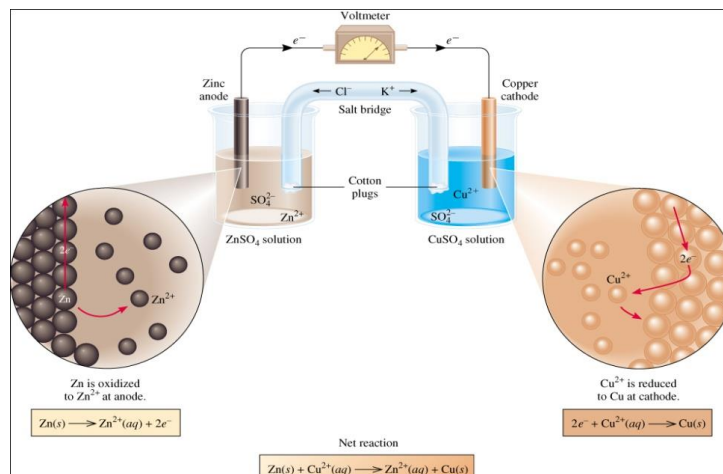
Pada bagian 1. Reaksi Spontan, kita melihat bahwa ketika sepotong logam seng ditempatkan dalam larutan CuSO_4 , Zn teroksidasi menjadi ion Zn^{2+} sedangkan ion Cu^{2+} direduksi menjadi logam tembaga (lihat Gambar 2):





Elektron ditransfer langsung dari zat pereduksi (Zn) ke zat pengoksidasi (Cu^{2+}) dalam larutan. Namun, jika kita melihat bahwa zat pengoksidasi terpisah dari zat pereduksi, transfer elektron dapat dilakukan melalui media penghantar (kawat logam). Saat reaksi berlangsung, ditetapkan aliran elektron yang konstan dan dikarenakan menghasilkan listrik (yaitu menghasilkan kerja listrik, seperti mengendarai sebuah motor listrik).

Pada Gambar 3.3 terlihat logam Zn dalam keadaan kontak dengan salah satu larutan garamnya yaitu larutan ZnSO_4 dihubungkan dengan logam Cu yang juga dalam keadaan kontak dengan salah satu larutan garamnya yaitu larutan CuSO_4 melalui kawat penghantar listrik dan antara kedua larutan tersebut dihubungkan dengan jembatan garam (berisi larutan elektrolit).



Gambar 3.3. Sel Galvani. Jembatan garam (tabung U terbalik) yang berisi larutan KCl sebagai media penghantar antara dua larutan. Ujung pada tabung U ditutup kapas untuk mencegah larutan KCl mengalir ke dalam wadah ketika anion dan kation bergerak. Elektron mengalir dari elektroda Zn (anoda) ke elektroda Cu (katoda)

(Sumber: Chang Raymond, 2008, *General Chemistry The Essential Concepts Fifth Edition*)

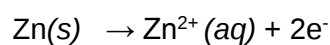
Pada reaksi tersebut, Zn melepaskan elektron. Elektron yang dilepas mengalir ke katoda Cu yang berhubungan langsung dengan ion Cu^{2+} (hasil ionisasi $\text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) melalui kawat penghantar sehingga mereduksi ion Cu^{2+} menjadi Cu. Perubahan ion Cu^{2+} menjadi Cu mengakibatkan larutan pada katoda kelebihan ion $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$. Kelebihan ion SO_4^{2-} ini mengalir ke



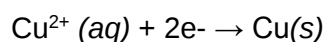
anoda melalui *jembatan garam* (suatu tabung yang berisi larutan elektrolit, biasanya NaNO_3 atau KCl) untuk mengimbangi kelebihan ion Zn^{2+} yang terdapat dalam larutan anoda. Kedua proses tersebut membantu kelistrikan setengah sel tetap netral. Tanpa adanya jembatan garam, netralisasi kelistrikannya tidak dapat dipertahankan. Akibatnya sel tidak dapat menghasilkan arus listrik. Menurut konvensi, dalam sel Volta, bagian *anoda* (bagian yang mengalami oksidasi) disebut *elektroda negatif* dan *katoda* disebut *elektroda positif*.

Reaksi yang terjadi :

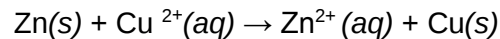
Pada anoda, logam Zn melepaskan elektron dan menjadi Zn^{2+} yang larut.



Pada katoda, ion Cu^{2+} menangkap elektron dan mengendap menjadi logam Cu.



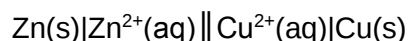
hal ini dapat diketahui dari berkurangnya massa logam Zn setelah reaksi, sedangkan massa logam Cu bertambah. Reaksi total yang terjadi pada sel galvanik tersebut adalah:



Penulisan diagram selnya adalah sebagai berikut :



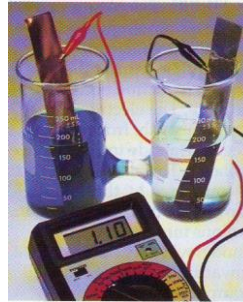
Sel Volta dinotasikan dengan cara yang telah disepakati (untuk sel Zn/Cu^{2+})



Bagian anoda (setengah sel oksidasi) dituliskan disebelah kiri bagian katoda. Garis lurus menunjukkan batas fasa yaitu adanya fasa yang berbeda (*aqueous vs solid*) jika fasanya sama maka digunakan tanda koma.

3. Potensial Sel (E_{sel})

Arus listrik mengalir dari anoda ke katoda karena ada selisih energi potensial listrik di antara kedua elektroda. Dalam percobaan *selisih potensial listrik di antara anoda dan katoda* diukur dengan voltmeter (Gambar 3.4) dan angkanya (dalam volt) disebut **Potensial Sel (E_{sel})**.



Gambar 3.4 Sel volta berdasarkan persamaan reaksi (1)
(Sumber: Brown, Chemistry The Central Science 11E, 2009)

Perbedaan kecenderungan teroksidasi menghasilkan perbedaan muatan antara elektroda Zn dan elektroda Cu. Perbedaan muatan itu menyebabkan beda potensial listrik antara Zn dan Cu yang mendorong elektron mengalir. Selisih potensial itu disebut **potensial sel** dan diberi lambang E_{sel} . Potensial sel disebut juga gaya gerak listrik (ggl = emf atau *elektromotive force*). Apabila konsentrasi ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} masing-masing 1 M, maka sel volta pada Gambar 3.2 itu mempunyai potensial 1,1 volt. Potensial sel yang diukur pada 25 °C dengan konsentrasi ion-ion 1 M dan tekanan gas 1 atm disebut **potensial sel standar** dan diberi lambang E°_{sel} .

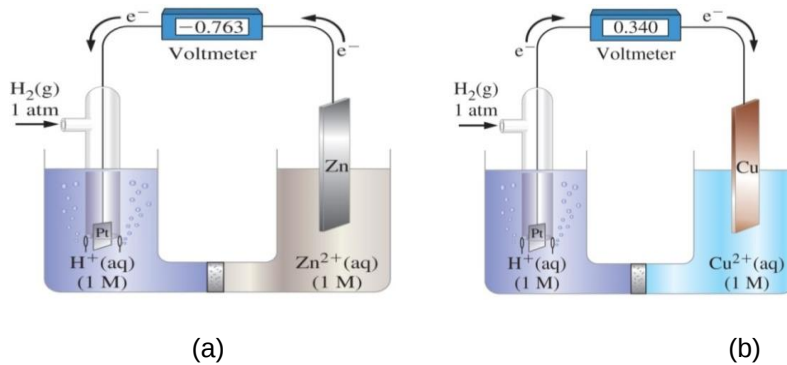
1) Potensial Elektroda

Pengukuran potensial sel dapat digunakan untuk membandingkan kecenderungan logam-logam atau spesi lain untuk mengalami oksidasi atau reduksi. Misalnya, jika elektroda $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}$ pada Gambar 3.2 diganti dengan elektroda $\text{Ag}|\text{Ag}^{+}$, ternyata elektron mengalir dari elektroda Cu ke elektroda Ag menghasilkan potensial standar (E°_{sel}) = 0,45 volt. Jadi, tembaga lebih mudah teroksidasi daripada perak. Berdasarkan data di atas, urutan kecenderungan teroksidasi dari logam-logam Zn, Cu, dan Ag adalah $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ag}$. Untuk membandingkan kecenderungan oksidasi atau reduksi dari suatu elektroda, telah ditetapkan suatu elektroda pembanding, yaitu **elektroda pembanding hidrogen standar** (SHE-Standard Hydrogen Electroda) (lihat Gambar 3.4). Elektroda hidrogen standar terdiri atas gas H_2 dengan tekanan 1 atmosfer yang dialirkan ke dalam larutan asam (H^{+}) 1 M melalui logam inert, yaitu platina pada temperatur 25 °C. Serbuk platina digunakan agar diperoleh luas permukaan sebesar



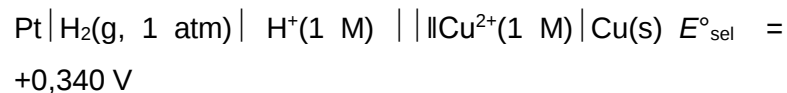
mungkin untuk mengadsorpsi gas H_2 . Ditetapkan elektrode hidrogen ($E^\circ_{\text{hidrogen}}$) mempunyai harga potensial = 0,00 volt.

Penentuan E° untuk Zn dan Cu dapat di lihat pada Gambar 8.



Gambar 3.5 Mengukur potensial standar elektroda Zn^{2+}/Zn (a) dan Cu^{2+}/Cu (b)
(Sumber: General Chemistry, Petrucci)

- Cu^{2+} tereduksi menjadi Cu dalam reaksinya dengan H_2 , maka notasi selnya:



elektroda potensial standar untuk pasangan Cu / Cu^{2+} dapat ditulis sebagai berikut:

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ(\text{right}) - E^\circ(\text{left}) =$$

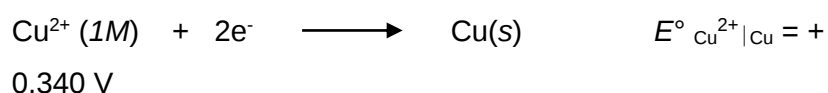
(katoda (anoda)

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{H^2+/H_2} = 0,340 \text{ V}$$

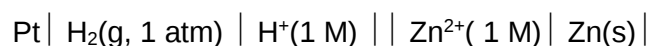
$$= E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - 0 \text{ V} = 0,340 \text{ V}$$

$$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = 0,340 \text{ V}$$

dengan demikian, standar reduksi setengah - reaksi adalah



- Zn teroksidasi menjadi Zn^{2+} dalam reaksinya dengan H_2 , maka notasi selnya:





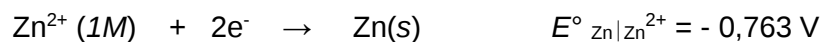
$$E^{\circ}_{\text{sel}} = -0,76 \text{ V}$$

elektroda potensial standar untuk pasangan $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{sel}} &= E^{\circ}(\text{kanan}) - E^{\circ}(\text{kiri}) \\ &= E^{\circ}_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} - 0 \text{ V} = -0,763 \text{ V} \end{aligned}$$

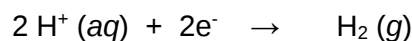
$$E^{\circ}_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,763 \text{ V}$$

dengan demikian, standar reduksi setengah - reaksi adalah



Pada penentuan E° untuk Zn dan Cu di atas, kita juga dapat melihat bahwa elektroda pembanding hidrogen dapat tereduksi di katoda, atau teroksidasi di anoda.

Reaksi reduksi untuk elektroda H_2 :



Reaksi oksidasi untuk elektroda H_2 :



Karena potensial reduksi standar $\text{H}^{+} \rightarrow \text{H}_2$ ditetapkan 0, maka :

- Elektroda yang lebih mudah mengadakan reaksi reduksi dibandingkan dengan elektroda H_2 memiliki harga potensial reduksi positif.
- Elektroda yang lebih sukar mengadakan reaksi reduksi dibandingkan dengan elektroda H_2 memiliki harga potensial reduksi negatif.

Maka jika elektroda Zn dihubungkan dengan elektroda H_2 , besarnya potensial yang terukur ialah potensial elektroda Zn itu sendiri.

Potensial reduksi ($E^{\circ}_{\text{reduksi}}$) : menyatakan besarnya kecenderungan (kemampuan) untuk menerima elektron.

Potensial oksidasi ($E^{\circ}_{\text{oksidasi}}$) : menyatakan besarnya kecenderungan (kemampuan) untuk melepaskan elektron.



Menurut kesepakatan (konvensi), potensial elektroda dikaitkan dengan reaksi reduksi. Jadi, potensial elektroda sama dengan potensial reduksi. Adapun potensial oksidasi sama nilainya dengan potensial reduksi, tetapi tandanya berlawanan.

$$E^{\circ}_{\text{oksidasi}} = -E^{\circ}_{\text{reduksi}}$$

Harga potensial elektroda standar (E°) dari berbagai elektroda diberikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Daftar Potensial Reduksi pada 25 °C Standar

Reduction Half-Reaction	E°, V
$\text{NO}_3^{-}(\text{aq}) + 4 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0.956
$\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0.800
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	+0.771
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	+0.695
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow 2 \text{I}^{-}(\text{aq})$	+0.535
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.340
$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{SO}_2(\text{g})$	+0.17
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	+0.154
$\text{S}(\text{s}) + 2 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	+0.14
$2 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.125
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.137
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.440
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.763
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.676
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.356
$\text{Na}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.713
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.84
$\text{K}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{K}(\text{s})$	-2.924
$\text{Li}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3.040
Basic solution	
$\text{O}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$	+1.246
$\text{OCl}^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cl}^{-}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$	+0.890
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^{-} \longrightarrow 4 \text{OH}^{-}(\text{aq})$	+0.401
$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$	-0.828

(Sumber: *General Chemistry, Petrucci*)



2) Deret Volta

Susunan unsur-unsur berdasarkan potensial elektrode standarnya disebut deret elektrokimia atau deret volta. Umumnya deret volta yang sering dipakai adalah adalah:

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

Pada Deret Volta, unsur logam dengan potensial elektrode lebih negatif ditempatkan di bagian kiri, sedangkan unsur dengan potensial elektrode yang lebih positif ditempatkan di bagian kanan.

Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka

- Logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron)
- Logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi)

Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka

- Logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron)
- Ion logam merupakan oksidator yang semakin kuat (semakin mudah tereduksi)

Fungsi dari deret logam volta adalah untuk mengetahui apakah reaksi tersebut bisa berlangsung spontan atau tidak, jadi unsur yang berada di kiri mampu mereduksi unsur yang berada disebelah kanannya.

Deret logam semacam ini biasanya disebut deret keaktifan logam dengan Hidrogen sebagai pembanding. Logam di sebelah kiri H bereaksi dengan air sedangkan di sebelah kanan tidak bereaksi dengan air. K, Na, Ca, dan Mg dapat bereaksi dengan air, kalium lebih kuat bereaksi dengan air. Al, Zn, dan Fe bereaksi dengan uap air, dan tidak bereaksi dengan air dingin. Logam lain mulai dengan Pb ke kanan tidak bereaksi dengan uap air maupun air dingin.

Ada hal yang perlu diperhatikan pada tabel potensial elektroda. Natrium mempunyai potensial yang kurang negatif dibandingkan dengan kalsium tetapi natrium lebih kuat bereaksi dengan air dibandingkan dengan kalsium. Hal yang lain yaitu harga potensial pada tabel hanya berlaku pada keadaan standard.

Potensial Sel (E_{sel})

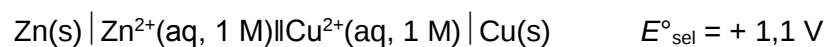
Telah dijelaskan bahwa adanya beda potensial antara elektroda Zn dan elektroda Cu pada sel volta memungkinkan elektron mengalir dari Zn ke Cu pada



rangkaian luar. Kemampuan suatu sel elektrokimia untuk mendorong elektron mengalir melalui rangkaian luar ini disebut **Potensial Sel (E_{sel})**. Nilai E_{sel} dapat diukur menggunakan voltmeter atau multimeter.

Nilai E_{sel} bergantung pada suhu dan konsentrasi zat.

Suatu nilai **potensial sel standar (E°_{sel})** telah ditetapkan sebagai nilai E yang diukur pada suhu 25 °C dan zat dalam larutan sebesar 1,0 M. (*Untuk gas, konsentrasi dinyatakan sebagai tekanan gas dengan tekanan standar sebesar 1 atm*). Sebagai contoh,



Suatu sel elektrokimia dua setengah sel, yakni setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi. Dalam setengah sel oksidasi, kemampuan setengah sel untuk melepaskan elektron disebut *potensial oksidasi*. Sedangkan dalam setengah sel reduksi, kemampuan setengah sel untuk menyerap elektron disebut *potensial reduksi*. Keduanya disebut **potensial elektroda (E)** dan dilambangkan dengan E_{oksidasi} dan E_{reduksi} . Nilai potensial sel dari suatu elektrokimia merupakan gabungan E_{oksidasi} dan E_{reduksi} .

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{reduksi (katoda)}} - E_{\text{oksidasi (anoda)}}$$

atau

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{oksidasi (anoda)}} + E_{\text{reduksi (katoda)}}$$

Pada kondisi standar, persamaan reaksi ini dapat ditulis sebagai :

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{oksidasi (anoda)}} + E^{\circ}_{\text{reduksi (katoda)}}$$

Kegunaan potensial reduksi standar, E° , pada tabel

Data E° di tabel mempunyai kegunaan, tiga di antaranya adalah:

(i) **Meramalkan kemampuan oksidasi dan reduksi dari zat**

Semakin positif nilai E° , semakin bertambah daya oksidasi zat, atau zat merupakan oksidator yang baik. Sebaliknya, semakin negatif nilai E° , semakin bertambah daya reduksi zat, atau zat merupakan reduktor yang baik



(ii) **Menghitung E°_{sel}**

Ada dua cara yang dapat digunakan untuk menghitung E°_{sel} menggunakan data E° setengah sel di tabel, yakni:

- **Menghitung E°_{sel} berdasarkan selisih potensial elektroda di katoda dan anoda**

Rumus yang digunakan adalah $E_{sel} = E_{katoda} - E_{anoda}$

Di mana:

E_{katoda} = potensial reduksi standar (E°) dari unsur tereduksi di katoda.

E_{anoda} = potensial reduksi standar (E°) dari unsur teroksidasi di anoda.

- **Menggunakan persamaan reaksi sel**

Tulis persamaan setengah reaksi oksidasi di anoda dan setengah reaksi reduksi di katoda. Lalu, sertakan nilai E° masing-masing.

Tanda E° di anoda harus berlawanan dengan tanda yang diberikan pada tabel. Sedangkan tanda E° di katoda sesuai dengan tabel.

Nilai E°_{sel} adalah jumlah E° di anoda dan di katoda.



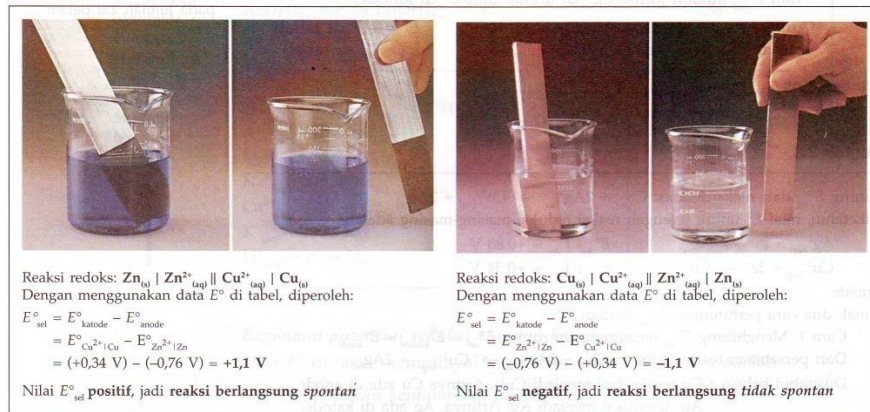
(iii) **Meramalkan reaksi redoks spontan**

Apakah semua anoda dan katoda yang dipasangkan akan menghasilkan reaksi redoks? Suatu reaksi redoks dapat berlangsung jika ada perbedaan potensial positif di antara kedua setengah reaksi reduksi dan setengah reaksi oksidasi. Jadi, reaksi redoks dalam sel akan berlangsung dengan sendirinya atau berlangsung spontan jika potensial sel yang dihasilkannya bertanda positif.

Jika $E^\circ_{sel} > 0$ atau $E^\circ_{sel} (+)$, reaksi **berlangsung spontan**.

Jika $E^\circ_{sel} < 0$ atau $E^\circ_{sel} (-)$, reaksi **berlangsung tidak spontan**.

Hal ini dapat dipahami dengan lebih jelas melalui contoh pada Gambar 9 berikut.



Gambar 3.6 Meramalkan apakah suatu reaksi redoks berlangsung spontan atau tidak spontan.

5. Sel Volta dalam kehidupan Sehari-hari

Sel Volta yang banyak digunakan sebagai sumber energi primer yang mudah digunakan. Rangkaian sel volta dengan jembatan garam di atas jarang ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Sel volta yang digunakan saat ini dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yakni *sel primer*, *sel sekunder*, dan *sel bahan bakar*.

1) Sel primer

Pada sel primer, reaksi redoks yang terjadi tidak dapat balik. Sel primer hanya sekali pakai dan tidak dapat diisi ulang. Contoh baterai yang tergolong sel primer adalah baterai kering seng-karbon, alkaline, merkuri, perak oksida, dan Li/SOCl_2 .

2) Sel sekunder

Pada *sel sekunder*, sel dapat diisi ulang dengan proses elektrolisis untuk mengembalikan anoda dan katoda ke kondisi awal. Contoh baterai yang tergolong sel sekunder adalah baterai Pb (aki), baterai Ni-Cd, NiMH, dan baterai ion lithium.

Korosi Besi

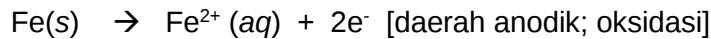
Bentuk yang paling umum dari korosi adalah karat besi. Fakta-fakta korosi besi:

1. Harus ada kelembaban dan oksigen
2. Besi berkarat lebih cepat pada pH rendah ($[\text{H}^+]$ tinggi).
3. Besi berkarat lebih cepat jika bersentuhan dengan larutan ion.

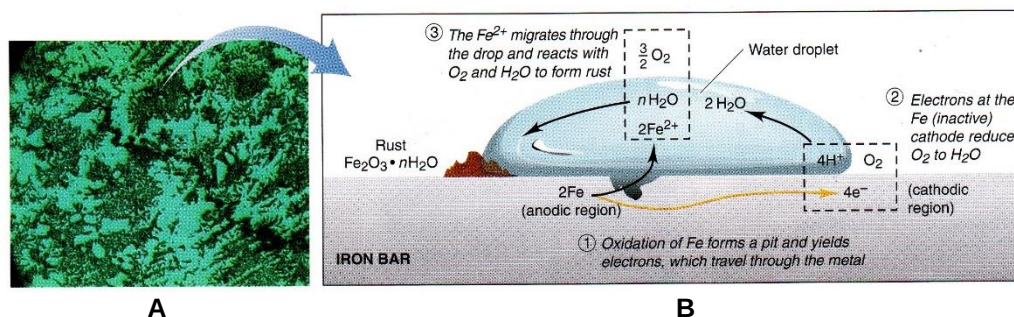


4. Besi berkarat lebih cepat jika bersentuhan dengan logam yang kurang aktif (seperti Cu) dan lebih lambat bersentuhan dengan logam yang lebih aktif (seperti Zn).

Contoh:



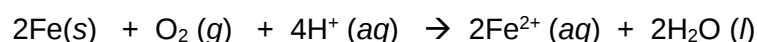
Pada daerah katodik ini, elektron dilepaskan dari atom besi mereduksi molekul O_2 :



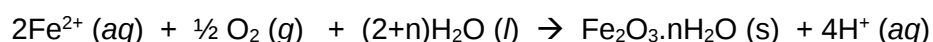
Gambar 3.7 Korosi Besi. A, A tampilan dekat dari permukaan besi. Korosi biasanya terjadi pada permukaan yang tidak teratur. B, Sebuah gambaran skematis dari area kecil permukaan, menunjukkan langkah-langkah dalam proses korosi.

(Sumber : Petrucci, R.H. 2007. *General Chemistry; Principles and Modern Application*. Jilid 1-3. Edisi kesembilan)

Terlihat proses redoks selesai secara keseluruhan; dengan demikian, hilangnya besi terjadi tanpa pembentukan karat:



Karat yang terbentuk melalui reaksi redoks lain di mana reaktan berhubungan langsung. Ion Fe^{2+} yang terbentuk awalnya di daerah anodik yang di sekitarnya ada air dan bereaksi dengan O_2 , sering agak jauh dari lubang. Reaksi keseluruhan untuk tahap ini adalah



[Koefisien n untuk H_2O dalam persamaan di atas muncul karena karat, $\text{Fe}_2\text{O}_3.n\text{H}_2\text{O}$, merupakan suatu bentuk besi(III)oksida dengan sejumlah hidrat.]

Persamaan keseluruhan untuk karat besi :



Ion H^+ yang terbentuk bertindak sebagai katalis; yaitu, mempercepat proses seperti yang digunakan dalam satu langkah dari reaksi keseluruhan. Sebagai hasil akhir, karat lebih cepat pada pH rendah (tinggi $[\text{H}^+]$). Larutan ionik mempercepat perkaratan dengan meningkatkan konduktivitas media berair dekat daerah anoda dan katodik. Pengaruh ion terutama terlihat pada kapal laut dan pada bagian bawah roda mobil yang digunakan di daerah beriklim dingin, di mana adanya garam yang digunakan untuk mencairkan es di jalanan yang licin.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Setelah mengkaji materi tentang Sel Volta dan Korosi 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

KEREAKTIFAN LOGAM

I. Pendahuluan :

Deret kereaktifan logam yang dikenal dengan deret volta adalah deretan logam-logam yang tersusun berdasarkan daya oksidasinya terhadap logam lain. Berdasarkan deret ini dapat diramalkan apakah reaksi redoks dapat berlangsung spontan atau tidak.

II. Tujuan

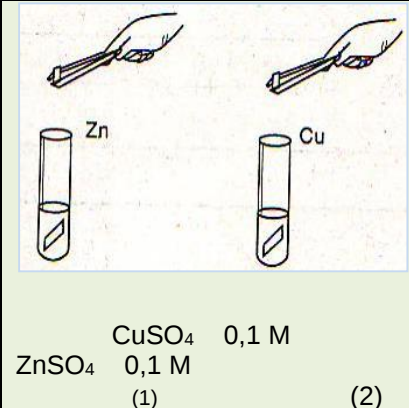
Meneliti deret pendesakan logam

III. Alat dan Bahan

Tabung reaksi	30 buah	Pelat logam timbal	1 buah
Pinset	5 buah	Larutan CuSO_4	0,1 M
Ampelas	1 lembar	Larutan ZnSO_4	0,1 M
Pelat logam Zincum (Zn)	1 buah	Larutan MgSO_4	0,1 M
Pelat logam Magnesium (Mg)	1 buah	Larutan FeSO_4	0,1 M
Pelat logam Tembaga (Cu)	1 buah	Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,1 M
Pelat logam Besi (Fe)	1 buah		

IV. Langkah Kerja

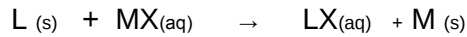
1. Reaksikan zat-zat seperti pada gambar di bawah ini !

 (1) (2)	Pengamatan : (1)..... (2).....
---	---

Reaksi itu secara umum ditulis sebagai berikut : $\text{L (s)} + \text{MX(aq)} \rightarrow \text{LX(aq)} + \text{M (s)}$
Jelaskan reaksi tersebut berdasarkan daya oksidasi logam-logamnya !



2. Gambar di bawah ini menunjukkan percobaan reaksi pendesakan logam terhadap ion logam lain dalam larutan menurut reaksi :



	Catatan : A terjadi reaksi (+) B tidak terjadi reaksi (-) Larutan yang digunakan : Larutan CuSO₄ 0,1 M Larutan ZnSO₄ 0,1 M Larutan MgSO₄ 0,1 M Larutan FeSO₄ 0,1 M Larutan Pb(NO₃)₂ 0,1 M
--	--

3. Tentukan ion logam yang didesak dan yang tidak didesak pada data berikut ini :

Logam	MX (aq)					Kesimpulan :
	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Pb ²⁺	
Zn						a..... b.....
+/-						
Mg						a..... b.....
+/-						
Fe						a..... b.....
+/-						
Cu						a..... b.....
+/-						
Pb						a..... b.....
+/-						



4. Dari data di atas urutkan logam tersebut mulai dari reduktor terkuat sampai yang terlemah !

--	--	--	--	--

Deretan logam tersebut adalah bagian dari deret volta yang merupakan urutan kereaktifan logam dari reduktor kuat ke reduktor lemah.

V. Pertanyaan

1. Tuliskan deret volta dengan lengkap !
2. Sebutkan unsur bukan logam yang ada dalam deret volta !
3. Mengapa unsur-unsur itu dimasukkan ke dalam deret volta !

**Lembar Kerja 2.****SEL VOLTA****I. Pendahuluan :**

Mengapa batu baterai dan aki dapat mengalirkan arus listrik? Rangkaian yang tersusun pada saat keduanya mengalirkan arus listrik disebut Sel Volta. Pada suatu percobaan sel Volta, kita dapat mengukur potensial sel yang diuji kemudian membandingkan hasil pengukuran berdasarkan perhitungan.

II. Tujuan

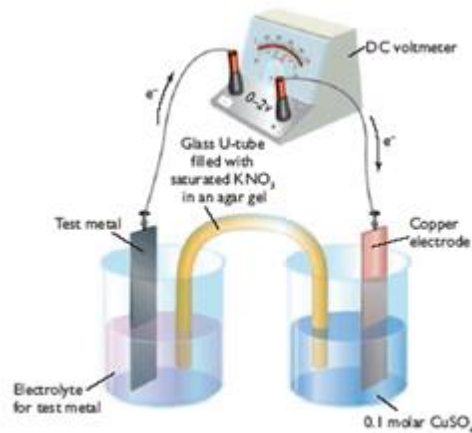
Merangkai sel Volta untuk mengukur potensial sel yang terjadi pada suatu reaksi, dan membandingkan hasil pengukuran berdasarkan hasil perhitungan.

III. Alat dan Bahan

Gelas kimia 100 mL	2	Larutan CuSO_4 0,1 M
buah		Larutan MgSO_4 0,1 M
Voltmeter	1	Larutan ZnSO_4 0,1 M
buah		Logam seng
Kabel dengan capit buaya	2	Logam tembaga
buah		Pita magnesium
Kertas Ampelas		
Kertas saring		

IV. Cara Kerja

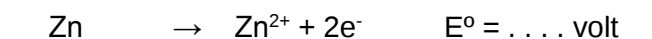
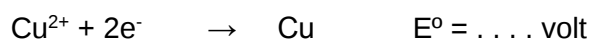
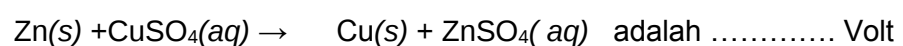
1. Masukkan 75 mL larutan CuSO_4 0,1 M ke dalam gelas kimia I dan celupkan lempeng logam tembaga sebagai elektroda ke dalam larutan tersebut.
2. Masukkan 75 mL larutan ZnSO_4 0,1 M ke dalam gelas kimia II dan celupkan lempeng logam seng ke dalam larutan tersebut.
3. Hubungkan kedua larutan dengan memasang jembatan garam (caranya dengan merendam kertas saring ke dalam larutan KCl 1,0 M, kemudian dicelupkan ujung yang satu ke dalam gelas kimia I dan ujung yang satunya ke gelas kimia



1. Pasangkan voltmeter di antara kedua lempeng logam dengan rangkaian seperti ada gambar di bawah ini. Amati hasil pengukuran voltmeter. Jika jarum voltmeter bergerak ke arah negatif, putuskan rangkaian dengan segera. Sebaliknya jika jarum voltmeter bergerak ke arah positif, catat hasilnya.
2. Hitung E° sel dari sel Volta berdasarkan data dari literatur dan bandingkan dengan hasil percobaan.
3. Ulangi langkah 1 s.d 6 untuk larutan CuSO_4 0,1 M dan MgSO_4 0,1 M (logam yang dicelupkan sesuaikan dengan larutannya).

4. Hasil Pengamatan

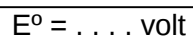
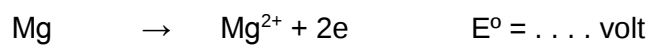
E° sel hasil pengamatan yang tertera pada voltmeter untuk reaksi





E° sel hasil pengamatan yang tertera pada voltmeter untuk reaksi
 $\text{Mg(s)} + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{MgSO}_4(\text{aq})$ adalah
.....Volt

E° sel berdasar data literatur:

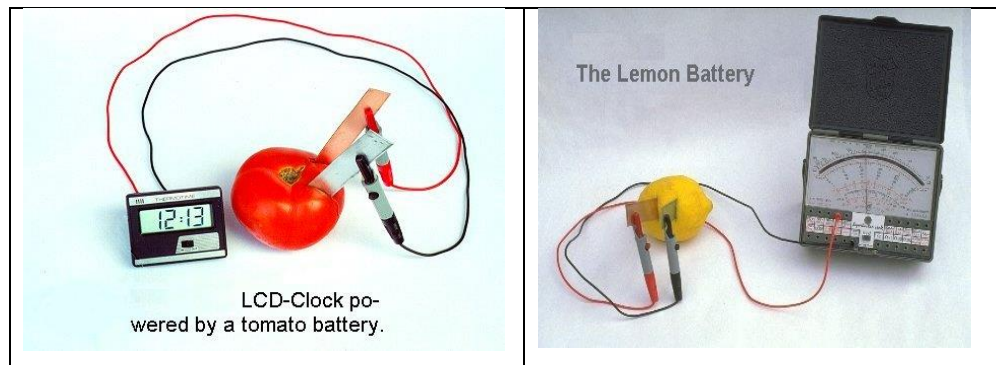


Pertanyaan

1. Apakah yang dimaksud dengan sel Volta itu ?
2. Tentukan reaksi yang terjadi di anoda dan katoda pada sel Volta!
3. Gambarkan rangkaian sel Volta lengkap dengan keterangannya!
4. Apa fungsi jembatan garam?
5. Apa yang harus dilakukan jika pada percobaan didapat potensial negative?

Sel Volta (Buah-buahan)

Untuk menguji potensial sel dapat pula dilakukan dengan mencelupkan dua macam logam kedalam buah-buahan yang mengandung larutan asam, kemudian hubungkan kedua logam tersebut dengan Voltmeter seperti pada gambar berikut.



Lakukan percobaan untuk sel dengan elektrode seperti pada tabel:

Logam yang digunakan	Potensial Sel
Cu dengan Zn	
Cu dengan Mg	
Cu dengan Fe	
Mg dengan Fe	
Zn dengan Fe	



Lembar Kerja 3

Proteksi katodik**I. Pendahuluan :**

Proteksi katodik (*cathodic protection*) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia.

Sacrificial Mg anodes



Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

Proteksi katodik ini merupakan metode yang umum digunakan untuk melindungi struktur logam dari korosi. Cara ini efektif mencegah keretakan logam akibat korosi (*stress corrosion cracking*).

Sistem proteksi katodik biasa digunakan untuk melindungi baja, jalur pipa, tangki, tiang pancang, kapal, anjungan lepas pantai, dan selubung (*casing*) sumur minyak di darat.

II. Tujuan

Mengetahui pengaruh logam-logam lain pada proses korosi besi (paku).

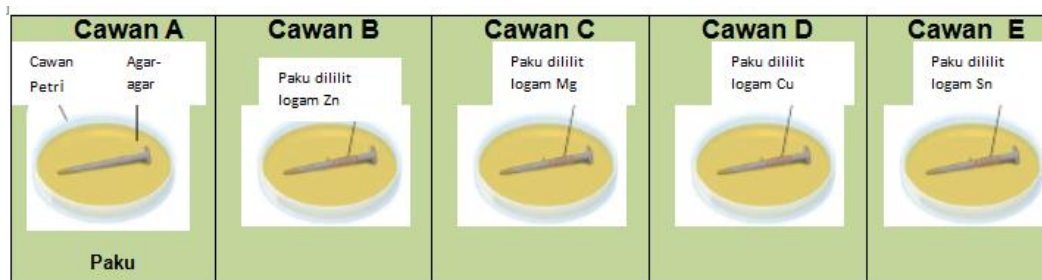
III. Alat dan Bahan

Cawan petri	5 buah	Pembakar spiritus	1 buah
Paku reng	5 buah	Korek api	1 buah
Pelat logam Zincum (Zn)	1 buah	Agar-agar putih	3 gram
Pelat logam Magnesium (Mg)	1 buah	$K_3Fe(CN)_6$ 5 %	10 mL
Pelat logam Tembaga (Cu)	1 buah	Fenolftalein	2 mL
Pelat logam Timah (Sn)	1 buah	Akuades	250 mL
Gelas kimia 1 L	1 buah	NaCl	7,5 gram
Ampelas			



IV. Langkah Kerja

1. Masukkan agar-agar bubuk dan NaCl ke dalam gelas kimia. tambahkan akuades, lalu aduk rata.
2. Didihkan campuran agar-agar dan air sambil diaduk-aduk hingga semua agar-agar larut.
3. Matikan api dan biarkan uap air dari larutan menghilang.
4. Tambahkan 10 mL larutan $K_3Fe(CN)_6$ 5% dan 2 mL larutan fenolftalein.
5. Hangat-hangat kuku, tuangkan larutan agar-aagar ke dalam cawan hingga cawan terisi kira-kira setengah volumenya.
6. Siapkan paku dan logam-logam lain yang akan diuji. Ampelas permukaan logam-logam tersebut hingga bersih.
7. Ke dalam cawan berisi agar, masukkan logam berikut :



8. Amati gejala yang terjadi !

V. Pengamatan

No.	Logam	Hasil Pengamatan Pada Paku		
		Titik a	Titik b	Titik c
1.	Paku			
2.	Paku + Zn			
3.	Paku + Mg			
4.	Paku + Cu			
5.	Paku + Sn			



Pertanyaan

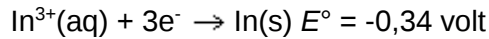
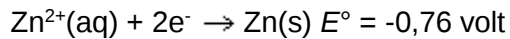
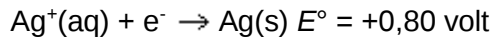
1. Pada cawan petri manakah paku paling banyak mengalami korosi ?
Jelaskan !
2. Sebutkan logam yang bertindak sebagai anoda dan katoda ! Jelaskan !
3. Logam mana yang dapat melindungi besi dari proses perkaratan ?
Mengapa demikian ?
4. Ion apakah yang menyebabkan perubahan warna pada titik (a) dan (b) ?
5. Tuliskan reaksi kimia yang terjadi pada titik (a) dan (b) ?
6. Ion apakah yang menyebabkan perubahan warna pada titik (c) ?
7. Tuliskan reaksi kimia yang terjadi pada titik (c)?
8. Tentukan pada titik mana terjadi oksidasi dan reduksi!



E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

Soal Pilihan Ganda

1. Diketahui data potensial elektroda standar :



Reaksi redoks yang berlangsung spontan adalah

- A. $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$
- B. $3\text{Ag}(\text{s}) + \text{In}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow \text{In}(\text{s}) + 3\text{Ag}^+(\text{aq})$
- C. $2\text{In}(\text{s}) + 3\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Mn}(\text{s}) + 2\text{In}^{3+}(\text{aq})$
- D. $3\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{In}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{In}(\text{s})$

2. Diketahui potensial reduksi :

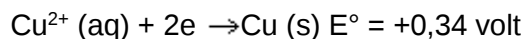
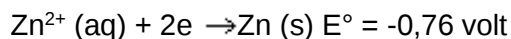


Potensial sel untuk reaksi :



- A. -1,22 volt
- B. +1,22 volt
- C. +2,0 volt
- D. -2,0 volt

3. Bila diketahui potensial elektroda standar :

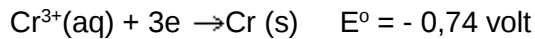
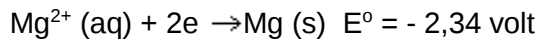
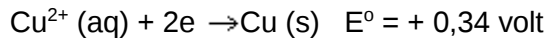
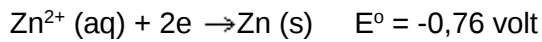


Notasi sel volta yang E° selnya paling besar adalah

- A. $\text{Al}/\text{Al}^{3+} // \text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$
- B. $\text{Fe}/\text{Fe}^{2+} // \text{Al}^{3+}/\text{Al}$
- C. $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$
- D. $\text{Al}/\text{Al}^{3+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$



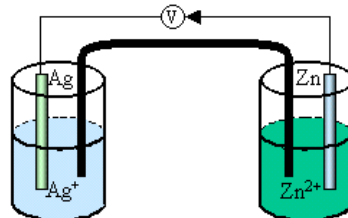
4. Diketahui data potensial standar berikut :



Harga potensial sel (E° sel) yang paling kecil terdapat pada

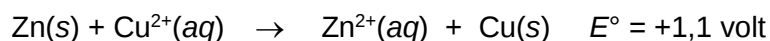
- A. $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}$
- B. $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) / \text{Cr}$
- C. $\text{Mg} / \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) // \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) / \text{Cr}$
- D. $\text{Mg} / \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) // \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}$

5. Notasi sel yang benar sesuai gambar berikut adalah

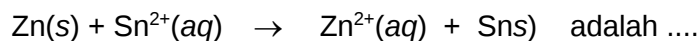


- A. $\text{Zn}(\text{s}) / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Ag}(\text{s})$
- B. $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s}) // \text{Ag}(\text{aq}) / \text{Ag}^+(\text{s})$
- C. $\text{Ag}(\text{s}) / \text{Ag}^+(\text{aq}) // \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})$
- D. $\text{Ag}(\text{s}) / \text{Ag}^+(\text{aq}) // \text{Zn}(\text{s}) / \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

6. Jika diketahui :



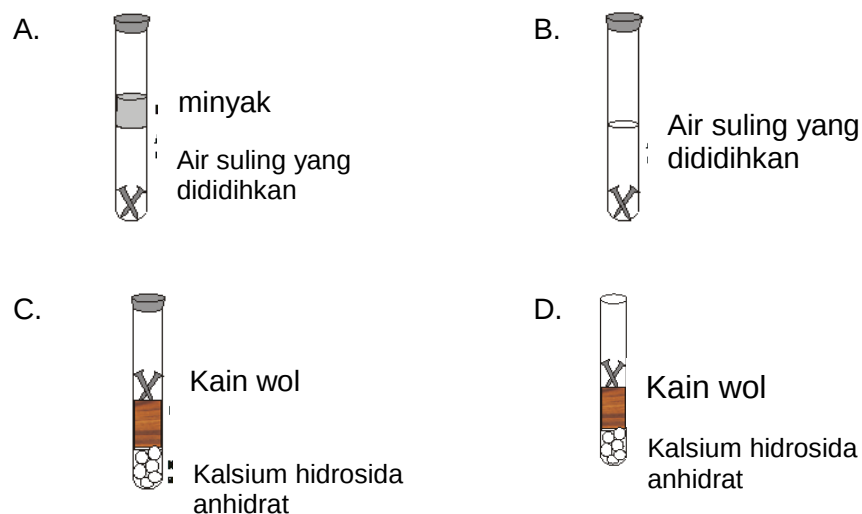
Potensial standar bagi reaksi:



- A. +1,24 volt
- B. +0,96volt
- C. +0,76 volt
- D. +0,62 volt



7. Logam kadmium dimasukkan ke dalam larutan CuSO_4 1,0 M. Pada suhu 25°C , $E^\circ_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = -0,40 \text{ V}$ dan $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$. Pernyataan yang benar adalah
- Tidak terjadi reaksi antara ion Cd^{2+} dan larutan CuSO_4
 - Cd mereduksi ion Cu^{2+}
 - Cu mereduksi ion Cd^{2+} yang terbentuk
 - Ion Cu^{2+} mereduksi Cd
8. Berikut ini yang merupakan kegunaan dari sel volta adalah
- Penyepuhan
 - Pemurnian logam
 - Pembuatan baterai
 - Pembuatan natrium
9. Diantara gambar percobaan berikut perkaratan paling lambat terjadi pada tabung



10. Data dari reaksi setengah sel dengan E° sebagai berikut:



Logam yang dapat mencegah korosi pipa besi yang ditanam di dalam tanah adalah

- Ni



- B. Sn
- C. Mg
- D. Cu

Soal Uraian

1. Suatu sel volta terdiri dari logam Pb dalam larutan PbCl_2 1 M dan logam Cu dalam larutan CuSO_4 1 M.
 - a. Gambarkan sel volta dengan jembatan garam.
 - b. Apa fungsi jembatan garam dalam suatu sel elektrokimia?
 - c. Apa yang dimaksud anoda dan katoda pada sel?
 - d. Tulis setengah reaksinya pada anoda dan katoda
 - e. Tulis arah aliran elektron pada rangkaian luar dan dalam larutan elektrolit.
2. Dari data potensial reduksi berikut, tentukan reaksi sel, diagram sel, potensial selnya, dan notasi selnya.

a. $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	$E^\circ = -2,37 \text{ volt}$
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	$E^\circ = -0,13 \text{ volt}$
b. $\text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Bi}(\text{s})$	$E^\circ = +0,30 \text{ volt}$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	$E^\circ = -0,44 \text{ volt}$
3. Perhatikan notasi sel volta berikut.

$$\text{Mn}(\text{s}) \mid \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Cl}_2(\text{g}) \mid \text{Cl}^-(\text{aq}) \mid \text{Pt}(\text{s}) \quad E^\circ_{\text{sel}} = + 2,54 \text{ V}$$

Jika diketahui $E^\circ_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} = +1,36 \text{ V}$, berapa $E^\circ_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}$?
4. Simak persamaan reaksi redoks berikut.

$$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$$

Berapa E°_{sel} reaksi ? apakah reaksi akan berlangsung spontan atau tidak spontan
5. Sel volta dikelompokkan menjadi sel primer, sel sekunder, dan sel bahan bakar.
 - a. Apa yang dimaksud dengan sel primer, sel sekunder, dan sel bahan bakar?
 - b. Mengapa baterai seng-karbon alkaline lebih tahan lama dibanding baterai seng-karbon biasa?



- c. Aki termasuk sel sekunder. Apa fungsi utama aki pada mobil ? bagaimana prinsip pengisian ulang aki?
- d. Mengapa sel bahan bakar disebut sebagai sel masa depan?

6. Perhatikan setengah reaksi berikut ini.



- a. Mana yang lebih mudah terkorosi, Fe atau Au?
- b. Mengapa Al pada kenyataannya lebih tahan korosi dibandingkan Fe?

F. RANGKUMAN

Sel volta (atau sel Galvani) adalah sel elektrokimia yang melibatkan reaksi redoks spontan dan menghasilkan arus listrik. Elektroda dimana terjadi oksidasi dinamakan **anoda**; sedangkan reduksi dinamakan **katoda**. Persyaratan ini terpenuhi oleh *jembatan garam*, yang dalam bentuk sederhananya berupa tabung U terbalik yang berisi larutan elektrolit inert, seperti KCl atau NH_4NO_3 atau Na_2SO_4 . Prinsip elektrokimia membantu kita memahami korosi, reaksi redoks yang tidak diinginkan di mana logam diserang oleh beberapa substansi dalam lingkungannya. Korosi besi menjadi karat disebabkan oleh adanya air dan oksigen, dan dipercepat oleh adanya zat elektrolit, seperti garam. Perlindungan logam dengan menempatkan logam lain yang lebih mudah mengalami oksidasi dinamakan perlindungan katodik (*cathodic protection*).

G. UMPAN BALIK DAN TINDAK LANJUT

Setelah menyelesaikan tes formatif 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 ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 4:

pH (KONSTANTA ION ASAM BASA DAN INDIKATOR ASAM BASA, TRAYEK pH)



Gambar 4.1.
Pengukuran pH
bahan kimia
di rumah berupa
asam lemah dengan
indikator universal

Pada modul sebelumnya telah dibahas senyawa yang larut dalam air dapat diklasifikasikan sebagai elektrolit atau nonelektrolit. Senyawa elektrolit dalam larutannya menghasilkan ion-ion yang dapat menghantar listrik, contohnya asam dan basa. Konsentrasi ion dalam larutan elektrolit kuat dapat dihitung langsung dari molaritas larutan tersebut. Untuk larutan elektrolit lemah perhitungan ion-ion dalam larutannya menggunakan konstanta ionisasi asam dan basa.

Materi Konstanta ionisasi asam basa dan pH larutan merupakan materi kimia SMA, pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas XI semester 2 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) Aspek Pengetahuan: 3.10. Menganalisis sifat larutan berdasarkan konsep asam basa dan/atau pH larutan. KD dari KI 4 aspek Keterampilan: 4.10 Mengajukan ide/gagasan tentang penggunaan indikator yang tepat untuk menentukan keasaman asam/basa atau titrasi asam/basa. Kompetensi guru pada program guru pembelajar Modul B ini 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 mempelajari modul ini, diharapkan Anda dapat:

1. memahami konstanta ionisasi air dan asam basa
2. memahami skala pH dan pOH larutan dan bagaimana menggunakannya
3. menentukan trayek pH berbagai macam indikator asam basa.



- memahami pH larutan berdasarkan trayek pH indikator.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai adalah:

- menerapkan harga k_w , k_a dan k_b pada perhitungan konsentrasi larutan asam basa;
- menentukan jenis larutan sesuai dengan data harga pH beberapa larutan;
- menghitung pH larutan asam dan basa;
- membedakan trayek pH indikator asam basa;
- memperkirakan pH larutan berdasarkan trayek pH indikator;

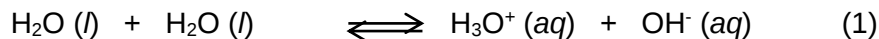
C. Uraian Materi

1. Konstanta Ionisasi Asam Basa

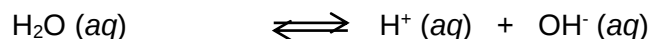
Pada uraian materi ini Anda dapat mengkaji kembali tentang tetapan kesetimbangan air, tetapan ionisasi asam dan basa serta pH larutan.

a. Tetapan Keseimbangan Air (K_w)

Penelitian mengenai daya hantar listrik yang sangat akurat menunjukkan bahwa air mengalami ionisasi. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Ion H_3O^+ lebih umum dinyatakan sebagai ion H^+ , sehingga reaksi ionisasi air di atas juga dapat ditulis menjadi:



Berdasarkan persamaan reaksi di atas, kita dapat menuliskan rumusan tetapan keseimbangan untuk reaksi ionisasi air, yaitu:

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Konstanta kesetimbangan air diketahui sebagai produk ionisasi dari air biasa dinyatakan dengan lambang K_w .

$$K_w [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Pembentukan ion H_3O^+ dari ionisasi air selalu disertai oleh pembentukan ion OH^- . Dengan demikian, di dalam air murni konsentrasi H_3O^+ selalu sama dengan konsentrasi OH^- . Pengukuran yang cermat menunjukkan bahwa dalam air murni pada 25 °C, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

Jika konsentrasi ini dimasukkan ke rumus K_w maka

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = (1,0 \times 10^{-7})(1,0 \times 10^{-7})$$



$$= 1,0 \times 10^{-14} \text{ (pada suhu } 25^{\circ}\text{C)}$$

Meskipun harga $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$ diperoleh untuk air murni, akan tetapi hal tersebut juga untuk berlaku untuk larutan dalam air yang encer pada 25°C . Ini adalah salah satu temuan paling berguna dari ahli kimia. Ini memberikan hubungan sederhana antara konsentrasi ion H_3O^+ dan OH^- untuk semua larutan encer dalam air.

Nilai K_w akan berbeda pada temperatur yang berbeda seperti yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. K_w pada beberapa suhu

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	K_w
0	$1,1 \times 10^{-15}$
10	$2,9 \times 10^{-15}$
23	$1,0 \times 10^{-14}$
37*	$2,4 \times 10^{-14}$
45	$4,0 \times 10^{-14}$
60	$9,6 \times 10^{-14}$

*Suhu normal tubuh manusia

b. Hubungan $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$

Untuk air murni, konsentrasi ion H^+ dan OH^- adalah sama, sehingga berdasarkan persamaan: $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

$$\text{atau biasa ditulis } K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

$$K_w = [\text{H}^+]^2 \text{ atau } K_w = [\text{OH}^-]^2$$

$$\text{maka } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{1,00 \cdot 10^{-14}}$$

Pada suhu 25°C , nilai $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$, maka:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{1,00 \cdot 10^{-14}}$$

$$= 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

$$= 10^{-7} \text{ M}$$

Jika ke dalam air ditambahkan asam, maka $[\text{H}^+]$ akan meningkat ini sama saja artinya telah terjadi pergeseran keseimbangan pada reaksi (1) ke kiri yang menyebabkan konsentrasi ion OH^- berkurang. Akibatnya larutan akan bersifat asam, dan sebaliknya jika ke dalam air ditambahkan basa maka konsentrasi ion OH^- akan meningkat. Jadi, larutan akan bersifat basa. Secara definisi larutan “netral” pada suhu 25°C adalah larutan dimana $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ yakni $1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$

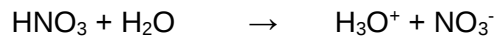


Contoh perhitungan ion $[H_3O^+]$ dan $[OH^-]$ dalam larutan asam kuat dan basa kuat:

- 1) Tentukan ion $[H_3O^+]$ dan $[OH^-]$ dalam larutan 2,5 mol/L asam nitrat

Jawaban:

Asam nitrat merupakan asam kuat, terionisasi sempurna



Pada $[HNO_3] = 2,5 \text{ mol/L}$, terdapat $[H_3O^+] = 2,5 \text{ mol/L}$

$$[OH^-] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ mol/L} \quad [OH^-] = \frac{1,0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}}{2,5} \\ = 4,0 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$$

- 2) Tentukan ion $[H_3O^+]$ dan $[OH^-]$ dalam larutan 0,16 mol/L barium hidroksida

Jawab:

Barium hidroksida terionisasi dengan sempurna dalam air dengan persamaan reaksi:



Satu mol $Ba(OH)_2$ dalam larutan membentuk dua mol ion OH^-

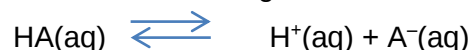
Maka $[OH^-] = 2 \times 0,16 = 0,32 \text{ mol/L}$

$$[H_3O^+] = \frac{1,0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}}{0,32} \\ = 3,1 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

c. Konstanta Ionisasi Asam Lemah dan basa lemah

- 1) Konstanta Ionisasi Asam Lemah

Asam lemah $[HA]$ akan terionisasi dengan reaksi kesetimbangan.





Konstanta kesetimbangan asam untuk HA dapat dinyatakan dengan

$$K_a = \frac{[H^+].[A^-]}{[HA]}$$

$$[H^+] = [A^-], \text{ maka: } K_a = \frac{[H^+]^2}{[HA]}$$

$$[H^+]^2 = K_a.[HA]$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a.[HA]}$$

$$[HA] = C_a = \text{konsentrasi asam}$$

$$\text{Maka: } [H^+] = \sqrt{K_a.C_a}$$

$[H^+]$ dari asam lemah dapat ditentukan jika harga K_a nya diketahui. Jika K_a besar maka $[H^+]$ juga besar atau asam makin kuat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa makin besar K_a suatu asam, sifat asam makin kuat. Harga konstanta ionisasi asam dari beberapa asam lemah pada suhu 25 °C, dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4.2 Konstanta ionisasi beberapa asam lemah

Nama Asam	Rumus Kimia	Nilai K_a
Asam asetat	CH ₃ COOH	$1,7 \times 10^{-5}$
Asam karbonat	H ₂ CO ₃	$4,3 \times 10^{-7}$
Asam formiat	HCOOH	$1,7 \times 10^{-4}$
Asam fluorida	HF	$6,8 \times 10^{-4}$
Asam oksalat	H ₂ C ₂ O ₄	$5,6 \times 10^{-2}$
Asam hipoklorit	HClO	$3,5 \times 10^{-8}$
Asam sulfit	H ₂ SO ₃	$1,3 \times 10^{-2}$

Ebbing, General Chemistry

Contoh penentuan jumlah ion pada asam lemah

Tentukan $[H^+]$ yang terdapat dalam asam formiat 0,01 M. Jika diketahui $K_a \text{ HCOOH} = 1,7 \times 10^{-4}$.

Penyelesaian:

Persamaan reaksi ionisasi HCOOH





$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= \sqrt{K_a \cdot C_a} \\
 &= \sqrt{1,7 \cdot 10^{-14} \times 0,01} \\
 &= 1,30 \times 10^{-3} \text{ M}
 \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi ion H^+ dalam larutan HCOOH 0,01 M adalah $1,34 \times 10^{-3} \text{ M}$.

d. Konstanta Ionisasi Asam Lemah

Seperti halnya asam lemah, suatu basa lemah tidak terionisasi sempurna di dalam larutan. Spesi yang ada di dalam larutan tidak hanya ion-ionnya melainkan molekularnya juga.

Seperti juga asam lemah, konsentrasi OH^- dari basa lemah ini tidak dapat dihitung langsung secara stoikiometri dari larutan sebab tidak terurai semua. Mari kita tinjau reaksi di bawah ini:



$$K_c = K_b = \frac{[\text{L}^+][\text{OH}^-]}{[\text{LOH}]}$$

Dari persamaan $[\text{L}^+] = [\text{OH}^-]$ maka:

$$\begin{aligned}
 K_b &= \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{LOH}]} \\
 [\text{OH}^-] &= \sqrt{K_b [\text{LOH}]}
 \end{aligned}$$

e. Derajat Ionisasi (α)

Derajat ionisasi dapat didefinisikan sebagai konsentrasi zat yang terionisasi dibagi konsentrasi awaldengan rumus

$$\alpha = \frac{\text{konsentrasi zat terionisasi}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

f. Derajat Keasaman (pH)



pH minuman ringan seperti pada gambar adalah 3,12. Beberapa minuman ringan bersifat asam karena didalamnya larut CO_2 dan bahan tambahan lainnya. Beberapa bahan kimia di rumah atau “Household Chemistry” memiliki pH tinggi.

Gambar 4.2. pH minuman ringan diukur dengan pH meter modern

Keasaman larutan dapat digambarkan secara kuantitatif dengan menyatakan konsentrasi ion hidronium atau ion hidrogen yang ada dalam larutan, namun



umumnya jumlah ion ini sangat kecil. Ahli biokimia Denmark bernama Søren Sørensen telah menghasilkan ide yang cemerlang dalam menyederhanakan penulisan derajat keasaman ini (dan kebasaan) dengan skala logaritma berdasarkan 10. *The **pH** of a solution is the exponential power of hydrogen (or hydronium) ions, in moles per litre.* Oleh karena itu pH dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ atau } \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Perhatikan bahwa pH adalah berdimensi kuantitas, dengan kata lain, pH tidak memiliki satuan.

Sejalan dengan rumus pH, harga pOH (kekuatan ion hidroksida) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

Jika $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$ pada 25°C

Maka $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

Skala pH beberapa bahan dalam kehidupan sehari-hari tertera pada tabel.

Tabel 4.3. pH beberapa bahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari.

Bahan	Skala pH	Derajat Keasaman	
Asam lambung	1,6-3,0	Makin Asam 	 Makin Basa
Minuman ringan	2,0-4,0		
lemon	2,2-2,4		
cuka	2,4-3,4		
tomat	4,0-5,0		
Urine manusia	4,8-8,4		
Susu sapi	6,3-6,6		
saliva	6,5-7,5		
Darah manusia	7,3-7,5		
Putih telur	7,6-8,0		
Milk of magnesia	10,5		
Household ammonia	11-12		

(Sumber: Chemistry, Witthen 2010)



Gambar 4.3 Macam-macam pH meter digital

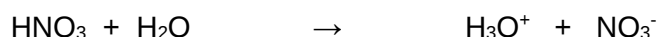
i. Perhitungan pH dan pOH

Perhitungan pH dan pOH asam dan basa kuat

Berikut ini beberapa contoh perhitungan pH dan pOH larutan

- 1) Tentukan $[H^+]$, $[OH^-]$, harga pH dan pOH dari HNO_3 0,015 M

Jawaban:



Asam nitrat merupakan asam kuat atau terionisasi sempurna maka

$$[H_3O^+] \text{ atau } [H^+] = 0,015 \text{ M}$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 0,015 = -(-1,82) = 1,82$$

$$pOH = 14,00 - 1,82 = 12,18$$

$$\text{Karena } [H_3O^+] [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

$$\text{Maka } [OH^-] = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{0,015}$$

$$[OH^-] = 6,7 \times 10^{-13} \text{ M}$$

- 2) Tentukan pH larutan yang mengandung 1,48 gram $Ca(OH)_2$ dalam 1 L air?

Jawaban:

Persamaan reaksi



Jumlah mol semua spesi dalam larutan



$$\frac{1,48 \text{ gram}}{74 \text{ gr/mol}} = 0,02 \text{ mol} \quad 0,02 \text{ mol} \quad 2 \times 0,02 \text{ mol} = 0,04 \text{ mol}$$

$$\text{Konsentrasi } OH^- \text{ di dalam larutan adalah } = \frac{0,04 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,04 \text{ mol/L}$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$= -\log 0,04 \text{ mol/L} = 2 - \log 4$$

$$pH = 14 - (2 - \log 4)$$

$$= 12 + \log 4 \text{ maka pH 1,48 gram } Ca(OH)_2 \text{ adalah } 12 + \log 4$$

Hubungan antara $[H_3O^+]$ atau $[H^+]$, pH, $[OH^-]$, dan pOH dalam larutan asam dan basa tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Hubungan $[H_3O^+]$ atau $[H^+]$, pH, $[OH^-]$, dan pOH

$[H_3O^+]$	pH		pOH	$[OH^-]$	
10^{-15}	15		-1	10^1	
10^{-14}	14		0	1	
10^{-13}	13		1	10^{-1}	
10^{-12}	12		2	10^{-2}	
10^{-11}	11		3	10^{-3}	
10^{-10}	10		4	10^{-4}	
10^{-9}	9		5	10^{-5}	
10^{-8}	8		6	10^{-6}	
10^{-7}	7		7	10^{-7}	
10^{-6}	6		8	10^{-8}	
10^{-5}	5		9	10^{-9}	
10^{-4}	4		10	10^{-10}	
10^{-3}	3		11	10^{-11}	
10^{-2}	2		12	10^{-12}	
10^{-1}	1		13	10^{-13}	
1	0		14	10^{-14}	
10^1	-1		15	10^{-15}	

(Sumber: *Chemistry, Whitten 2010*)**j. Perhitungan pH Asam Lemah**

Jika diketahui K_a dari asam asetat adalah 2×10^{-5} , tentukan pH larutan yang mengandung 0,2 mol asam asetat dalam 1 L larutan.

Persamaan reaksi

$$[H^+] = \sqrt{K_a [CH_3COOH]}$$

$$[H^+] = \sqrt{2 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-1} M}$$

$$= \sqrt{4 \times 10^{-6}}$$

$$[H^+] = 2 \times 10^{-3}$$

Maka pH asam asetat 0,2 mol adalah :

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log 2 \times 10^{-3}$$

$$= 3 - \log 2$$

k. Menghitung pH Basa Lemah

- Jika kita memiliki Larutan NH_3 0,004 M, berapakah pH yang dimiliki jika diketahui K_b NH_3 adalah 1×10^{-5})

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \times [NH_4OH]}$$

$$[OH^-] = \sqrt{1 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-3}}$$

$$[OH^-] = 2 \times 10^{-4}$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$



$$\begin{aligned}
 &= -\log 2 \times 10^{-4} \\
 &= 4 - \log 2 \\
 \text{pH} &= \text{pK}_w - \text{pOH} \\
 &= 14 - (4 - \log 2) \\
 &= 10 + \log 2
 \end{aligned}$$

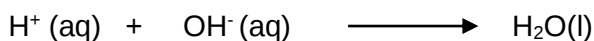
I. Menghitung pH Campuran

Berikut ini contoh perhitungan pH campuran yang terdiri dari asam dan basa kuat
Contoh soal:

Tentukan pH campuran dari larutan 50 mL HCl 0,1 M dengan 50 mL larutan Ca(OH)_2 0,1 M

Jawaban:

Pada reaksi asam kuat dengan basa kuat reaksi yang terjadi adalah:



Mula	50 x 0,1 M	2 x 50 x 0,1 M
	5 mmol	10 mmol

Reaksi	5 mmol	5 mmol
--------	--------	--------

Akhir	--	5 mmol
-------	----	--------

Dari stoikiometri ini, kita melihat bahwa yang bersisa dalam pencampuran tersebut adalah $[\text{OH}^-]$:

$$[\text{OH}^-] \text{ sisa} = \frac{5 \text{ mmol}}{50+50 \text{ mL}} = 5 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 5 \times 10^{-2} \text{ M} = 2 - \log 5$$

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= \text{pK}_w - \text{pOH} = 14 - (2 - \log 5) \\
 &= 12 + \log 5
 \end{aligned}$$

- Untuk menghitung pH campuran yang lainnya akan dibahas di bab hidrolisis dan larutan penyangga.

2. Indikator Asam Basa Dan Trayek pH

Untuk menentukan suatu larutan termasuk asam, basa atau garam, dapat digunakan indikator asam basa. Indikator asam basa adalah petunjuk tentang derajat keasaman suatu larutan berdasarkan perubahan warna indikator akibat perubahan pH larutan.



a. Indikator Asam Basa

Indikator asam basa biasanya merupakan asam atau basa organik lemah. Senyawa indikator yang tak terdisosiasi akan mempunyai warna berbeda dibanding dengan indikator yang terionisasi. Sebuah indikator asam basa tidak mengubah warna dari larutan murni asam ke murni basa pada konsentrasi ion hidrogen yang spesifik, melainkan hanya pada kisaran konsentrasi ion hidrogen. Kisaran ini merupakan suatu interval perubahan warna, yang disebut rentang/trayek pH.

b. Indikator Buatan

1) Lakmus

Lakmus merupakan indikator asam basa yang sering digunakan, sifatnya asam lemah. Lakmus berasal dari kata litmus yaitu sejenis tanaman yang dapat menghasilkan warna jika ada asam atau basa. Lakmus memiliki molekul yang sangat rumit, biasa disederhanakan menjadi HLit . "H" adalah proton yang dapat diberikan kepada yang lain. "Lit" adalah molekul asam lemah.



Gambar 4.4. Lakmus merah dan biru
(Sumber: Tokopedia)

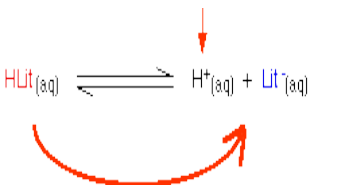
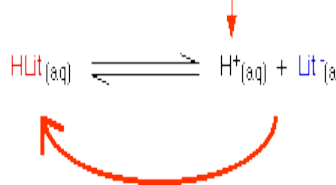
Reaksi kesetimbangan pada lakmus adalah:



Lakmus yang tidak terionisasi (HLit) adalah merah, ketika terionisasi Lit^- adalah biru. Berdasarkan Prinsip Le Chatelier, jika ditambahkan ion hidroksida atau beberapa ion hidrogen pada kesetimbangan ini terjadi pergeseran



Prinsip Le Chatelier dapat dijelaskan dalam diagram berikut:

Penambahan ion hidroksida:	Penambahan ion hidrogen:
Ion hidroksida bereaksi dan menyingkirkan ion hidrogen ini $\text{HLit}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{Lit}^-_{(aq)}$  Kesetimbangan bergeser ke kanan karena ion H^+ tidak ada Warna lakmus menjadi biru	Penambahan ion hidrogen $\text{HLit}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{Lit}^-_{(aq)}$  Kesetimbangan bergeser ke kiri karena kelebihan ion H^+ Warna lakmus menjadi merah

sumber: <http://www.chemguide.co.uk/physical/acidbaseeqia/indicators.html>

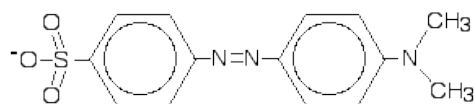
Jika konsentrasi HLit dan Lit⁻ sebanding: Warna yang terlihat merupakan pencampuran dari keduanya.



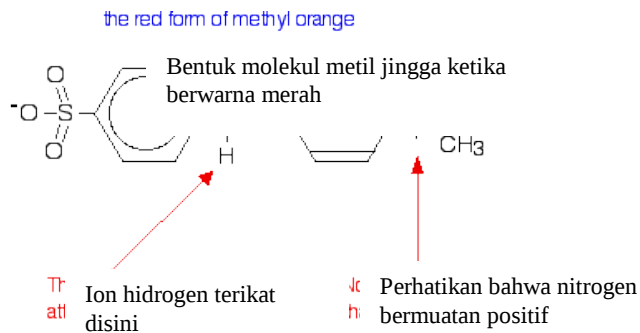
2) Metil jingga (*Methyl orange*)

Metil jingga adalah salah satu indikator yang banyak digunakan dalam titrasi. Pada larutan yang bersifat basa, metil jingga berwarna kuning dan strukturnya adalah:

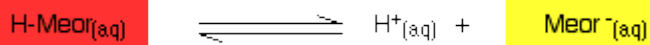
Bentuk molekul metil jingga ketika berwarna kuning



Pada metil jingga, jika ion hidrogen tidak terikat oleh ion oksigen yang negatif, tetapi kenyataannya ion hidrogen tertarik pada salah satu nitrogen pada ikatan rangkap nitrogen-nitrogen untuk memberikan struktur yang dapat dituliskan seperti berikut ini:



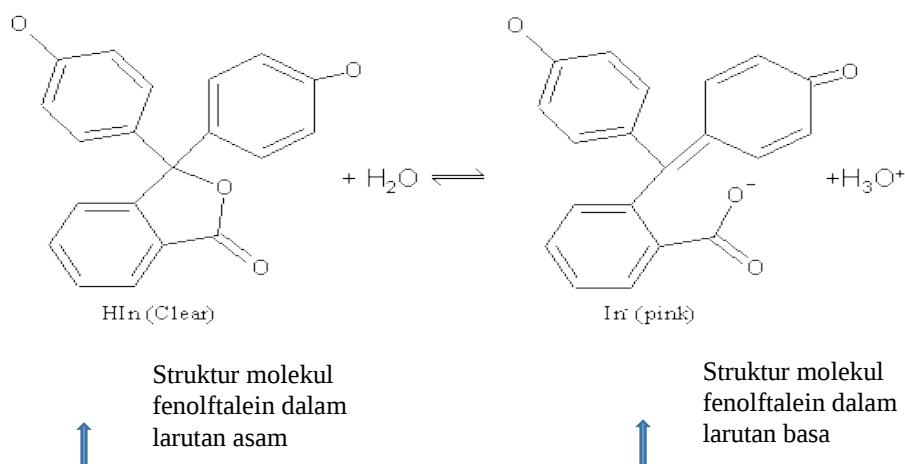
Kesetimbangan yang terjadi pada metil jingga adalah:



Pada metil jingga, campuran merah dan kuning menghasilkan warna jingga terjadi pada pH 3,7 hingga mendekati netral.

3) Fenolftalein

Fenolftalein adalah indikator titrasi yang lain yang sering digunakan, dan fenolftalein ini merupakan bentuk asam lemah yang lain. Perubahan warna pada fenolftalein karena perubahan pada struktur molekulnya. Dalam larutan asam, fenolftalein berada dalam bentuk molekul HIn-nya. Struktur ini berisi lima cincin yang terikat. Dalam larutan basa, struktur In⁻ menjadi terbuka dan datar. Hal ini menyebabkan elektron lebih bebas, dan spektrum absorpsi molekulnya memancarkan warna merah. Hal inilah yang menyebabkan perubahan warna pada indikator fenolftalein.



Gambar 4.5 Perubahan struktur molekul fenolftalein

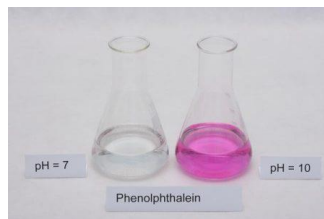
(Sumber: www.digipac.ca)



Reaksi kesetimbangan yang terjadi pada fenolftalein adalah sebagai berikut:



Penambahan ion hidrogen berlebih menggeser posisi kesetimbangan ke arah kiri, dan mengubah indikator menjadi tak berwarna. Penambahan ion hidroksida menghilangkan ion hidrogen dari kesetimbangan yang mengarah ke kanan untuk menggantikannya – mengubah indikator menjadi merah muda.



Gambar 4.6 Perubahan warna indikator fenolftalein

(Sumber: <https://chemistryholic.wordpress.com>)

4) Indikator Universal

Indikator universal adalah indikator asam basa yang terdiri dari beberapa senyawa yang warnanya berubah dalam rentang pH 1 – 14. Formula indikator universal yang sering dipakai adalah formula yang dipatenkan oleh Yamada pada tahun 1933. Komposisi indikator universal biasanya terdiri dari air, propan-1-ol, garam natrium fenolftalein, natrium hidroksida, metil merah, garam mononatrium bromtimol biru, dan garam mononatrium timol biru. Perubahan warna pada indikator universal adalah:

Tabel 4.5 Komponen Indikator Universal

Indikator	Warna pada pH rendah	Trayek pH	Warna pada pH tinggi
Timol Biru (transisi pertama)	Merah	1,2-2,8	Kuning
Metil Merah	Merah	4,4-6,2	Kuning
Bromtimol Biru	Kuning	6,0-7,6	Biru
Timol Biru (Transisi kedua)	Kuning	8,0-9,6	Biru
Fenolftalein	Tidak berwarna	8,3-10,0	Fuchsia



Indikator universal di pasaran dijual dalam dua bentuk, yaitu berupa kertas dan larutan.

1. Kertas Indikator Universal



Gambar 4.7 Kertas indikator Universal
(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/pH_indicator)

Berbeda dengan kertas lakmus, yang hanya dapat mendeteksi suatu larutan itu termasuk asam atau basa, maka indikator universal dapat mengukur pH dari larutan tersebut.

2. Larutan Indikator Universal



Gambar 4.8 Larutan Indikator Universal
(Sumber: <http://chemsitewebsite.weebly.com/acid-and-base-indicators.html>)

pH larutan dapat ditentukan dengan cara meneteskan larutan yang akan kita ukur pHnya ke atas kertas indikator universal. Perubahan warna setelah ditetesi larutan kita cocokkan ke warna standar pH yang ada dalam pembungkus kemasannya. Berdasarkan kecocokan warna tersebut kita dapatkan pHnya.

5) Indikator Alam

Banyak bunga, buah-buahan, dan sayur berwarna yang dapat dijadikan indikator asam basa. Bahan-bahan ini memberikan warna yang berbeda pada rentang pH yang berbeda.



Contohnya adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.9 Contoh bahan alam yang dapat dijadikan indikator

Indikator alam yang biasa digunakan untuk pengujian asam basa adalah bunga-bunga, umbi, kulit buah dan daun yang berwarna. Warna ungu pada kol dan bunga, serta warna merah pada kulit buah naga disebabkan karena bahan-bahan tersebut mengandung antosianin. Antosianin adalah pigmen larut air yang secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan. Pigmen ini memberikan warna pada bunga, buah, dan daun.



Gambar 4.10 Pengujian Indikator alam

Perubahan warna indikator alam bergantung pada warna jenis tanamannya, misalnya kembang sepatu yang berwarna merah di dalam larutan asam berwarna merah dan di dalam larutan basa berwarna hijau.

Kol merah yang berwarna ungu dalam larutan asam berwarna merah ungu dalam larutan basa berwarna hijau. Warna yang dihasilkan dicatat dan digunakan sebagai warna standar jika indikator tersebut akan digunakan untuk menguji larutan lain yang akan diuji sifatnya. Contoh warna indikator alam yang terdiri dari kelopak bunga, umbi dan kulit buah tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Contoh indikator alam dan perubahan warnanya

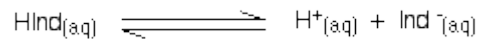
Bahan dan warna ekstrak bunga	Warna dalam		
	Cuka	Air murni	Air kapur
Mawar merah	merah	merah	hijau



Bahan dan warna ekstrak bunga	Warna dalam		
	Cuka	Air murni	Air kapur
Kunyit	kuning	kuning	coklat
Kembang sepatu	merah	merah	hijau
Kulit Manggis	merah	merah	hijau

2. Trayek pH

Indikator yang biasa digunakan merupakan asam lemah atau basa lemah. Misalkan kita memiliki indikator asam lemah yang kita lambangkan dengan HInd – dimana "Ind" adalah bagian indikator yang terlepas dari ion hidrogen:



Karena bersifat asam lemah, maka indikator memiliki K_a untuk indikator disebut K_{ind} .

$$K_{ind} = \frac{[\text{H}^+][\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]}$$

Pikirkanlah apa yang terjadi pada setengah reaksi selama terjadinya perubahan warna. Pada titik ini konsentrasi asam dan ionnya adalah sebanding. Pada kasus tersebut, keduanya akan menghapuskan ungkapan K_{ind} .

$$K_{ind} = \frac{[\text{H}^+][\cancel{\text{Ind}^-}]}{[\cancel{\text{HInd}]}}$$

$$K_{ind} = [\text{H}^+]$$

Anda dapat menggunakan hal ini untuk menentukan pH pada titik reaksi searah. Jika anda menyusun ulang persamaan yang terakhir pada bagian sebelah kiri, dan kemudian mengubahnya pada pH dan pK_{ind} , Anda akan memperoleh:

$$[\text{H}^+] = K_{ind}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_{ind}$$

Hal itu berarti bahwa pH dimana indikator berubah warna sama dengan harga pK_{ind} . Titik akhir untuk indikator bergantung seluruhnya pada harga pK_{ind} seperti pada tabel berikut:



Tabel 4.7 Harga pK_{ind} beberapa indikator

Indikator	pK_{ind}
Metil Jingga	3,7
Bromoserol Hijau	4,7
Metil Merah	5,1
Bromtimol Biru	7,0
Fenol Merah	7,9
Fenolftalein	9,4

Tabel 4.8 Trayek pH beberapa indikator

Indikator	Warna		pK_{ind}	Trayek pH
	Asam	Basa		
Metil Jingga	merah	kuning	3,7	3,2 – 4,4
Bromoserol Hijau	kuning	biru	4,7	3,8 – 5,4
Metil Merah	kuning	merah	5,1	4,8 – 6,0
Bromtimol Biru	kuning	biru	7,0	6,0 – 7,6
Fenol Merah	kuning	merah	7,9	6,8 – 8,4
Fenolftalein	Tidak berwarna	pink	9,4	8,2 – 10,0

Berikut ini perubahan warna indikator pada setiap pH disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.9 Perubahan Warna Indikator dan Trayek pH

Indikator	Perubahan Warna
Fenolftalein	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $HIn + H_2O \rightleftharpoons In^- + H_3O^+$ pK: 9,5 - Trayek pH: 8,0 – 9,8 - Warna pada pH rendah : tidak berwarna - Warna pada pH tinggi : merah-violet
Metil Jingga	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $InH^+ + H_2O \rightleftharpoons In + H_3O^+$ pK: 3.46 - Trayek pH: 3,1 – 4,4 - Warna pada pH rendah : merah



Indikator	Perubahan Warna
	Warna pada pH tinggi : oranye-kuning
Metil Merah	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $\text{InH}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In} + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK: 5,00 - Trayek pH: 4,4 – 6,2 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Bromfenol Biru	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: 3',3'',5',5''-tetrabromophenolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK : 4,10 - Trayek pH: 3,0 – 4,6 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : ungu
Bromtimol Biru	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: 3',3''-dibromothymolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK : 7,30 - Trayek pH: 6,0 – 7,6 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru
Alizarin Merah S	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 4.6 - 6.0 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : merah
Alizarin Kuning GG	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $\text{In} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{InH}^+ + \text{OH}^-$ - pK : 11 - Trayek pH: 10,0 – 12,0 - Warna pada pH rendah : tidak berwarna - Warna pada pH tinggi : kuning
Alizarin Kuning R	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama lain: sodium 5-(p-nitrophenylazo) benzenesulfonate - Trayek pH: 10,1 – 12,0 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : merah

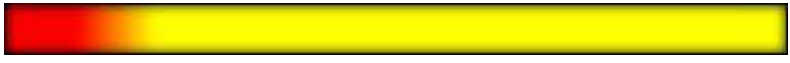


Indikator	Perubahan Warna
Kuning Brilliant	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 6,6 – 7,8 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : oranye
Bromokresol Hijau	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: 3',3'',5',5''-tetrabromo-m-cresol-sulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK : 4,9 - Trayek pH: 3,8 – 5,4 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru
Klorofenol Merah	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: 3',3''-dichlorophenolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK : 6,25 - Trayek pH: 4,8 – 6,4 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : merah
Clayton Kuning	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 12,2 – 13,2 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : amber
Kongo Merah	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 3,0 – 5,0 - Warna pada pH rendah : biru - Warna pada pH tinggi : merah
Kresol (dalam asam)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: o-cresolsulfonephthalein - Trayek pH: 0,0 – 1,0 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Kresol (dalam basa)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: o-cresolsulfonephthalein - Trayek pH: 7,0 – 8,8 - Warna pada pH rendah : kuning



Indikator	Perubahan Warna
	Warna pada pH tinggi : merah
Kristal Violet	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK : - - Trayek pH: 0,0 – 1,8 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru
Dimetil Kuning	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Tipe: $\text{In} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{InH}^+ + \text{OH}^-$ - pK : 3,25 - Trayek pH: 2,9 – 4,0 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Erithrosin (garam natrium)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 2,2 – 3,6 - Warna pada pH rendah : oranye - Warna pada pH tinggi : merah
Malasit Hijau	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - pK : 1,0 - Trayek pH: 0,2 – 1,8 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru-hijau
Metakresol Ungu (dalam larutan asam)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: m-cresol purple, cresol purple, m-cresolsulfonephthalein - pK: ~2.0 - Trayek pH: 1,2 – 2,8 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Metakresol Ungu (dalam larutan basa)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: m-cresol purple, cresol purple, m-cresolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK: 8,32 - Trayek pH: 7,6 – 9,2 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : ungu-merah



Indikator	Perubahan Warna
Metanil Kuning	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama Lain: m-(p-anilinophenylazo)benzene sulfonate - Trayek pH: 1,2 – 2,4 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Metil Hijau	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Trayek pH: 0,2 – 1,8 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru
Fenol Merah	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama lain: phenolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK: 8,0 - Trayek pH: 6,4 – 8,2 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : merah
Timol Biru (dalam larutan asam)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama lain: thymolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK: 1,65 - Trayek pH: 1,2 – 2,8 - Warna pada pH rendah : merah - Warna pada pH tinggi : kuning
Thimol Biru (dalam larutan basa)	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 - Nama lain: thymolsulfonephthalein - Tipe : $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ - pK: 9,20 - Trayek pH: 8,0 – 9,6 - Warna pada pH rendah : kuning - Warna pada pH tinggi : biru

(Sumber: <http://antoine.frostburg.edu/chem.shtml>)

Dari semua indikator-indikator tersebut, hanya beberapa indikator yang biasa digunakan untuk menentukan larutan termasuk asam, basa, atau netral, seperti fenoltalein, metil jingga, metil merah, dan fenol merah. Hal ini disebabkan karena kemudahan mendapatkannya, ekonomis, dan akurat.



3. Memperkirakan pH Larutan

Untuk memperkirakan pH larutan, kita akan langsung mendapatkan harga pHnya jika menggunakan indikator universal. Tetapi apabila kita menggunakan indikator yang lain, kita harus menggunakan beberapa indikator dengan trayek pH yang berbeda, misalnya penggabungan lakmus, metil jingga, dan bromtimol biru. Berikut kami berikan contoh cara memperkirakan pH larutan.

Contoh Soal:

Suatu larutan diuji dengan indikator metil jingga, bromtimol biru, dan lakmus. Data perubahan warna pada indikator adalah sebagai berikut:

Indikator	Warna
Lakmus merah	Merah
Lakmus biru	Merah
Metil jingga	Kuning
Bromtimol biru	Kuning

Perkirakan trayek pH larutan tersebut!

Penyelesaian:

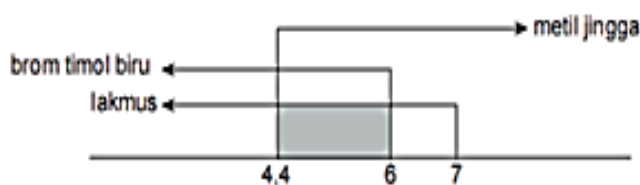
Perhatikan tabel trayek pH indikator:

Lakmus merah warnanya merah maka $\text{pH} < 7$

Lakmus biru warnanya merah maka $\text{pH} < 7$

Metil jingga warnanya kuning, trayek $\text{pH} > 4,4$

Bromtimol biru warnanya kuning, trayek $\text{pH} < 6$



Maka trayek pH larutan yang diuji adalah 4,4 – 6,0.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Setelah mengkaji materi tentang konstanta ionisasi air dan asam, basa, serta pH larutan 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 Kegiatan 1

Hubungan pH dengan ion H^+

Pada eksperimen ini Anda dapat menyelidiki bagaimana hubungan pH dengan ion H^+ dan menentukan harga K_a

I. Alat dan Bahan

Bahan

- HCl 0,1 M
- CH_3COOH 0,1 M
- Indikator Universal

Alat:

- Gelas Kimia
- Batang Pengaduk
- Pipet Tetes
- Gelas Ukur 100 mL

II. Langkah Percobaan

Kerjakan percobaan seperti gambar, gunakan indikator stik untuk menguji pH larutan!

No	Cara Kerja	Pengamatan
1	Siapkan larutan A (100 mL larutan HCl 0,1 M). Hitung $[H^+]$ dan ukur pH-nya	Konsentrasi larutan AM $[H^+] = \dots\dots\dots mol.dm^{-3}$ pH =
2	Buatlah larutan B dengan cara ambil 10 mL larutan A tersebut, tambahkan air sampai volum 100 mL. Hitung $[H^+]$ dan ukur pH-nya	Konsentrasi larutan BM $[H^+] = \dots\dots\dots mol.dm^{-3}$ pH =
3	Buatlah larutan C dengan cara ambil 10 mL larutan B tersebut, tambahkan air sampai volum 100 mL. Hitung $[H^+]$ dan ukur pH-nya	Konsentrasi larutan CM $[H^+] = \dots\dots\dots mol.dm^{-3}$ pH =



Kerjakan seperti percobaan di atas untuk larutan CH_3COOH 0,1 M, pengenceran cukup sekali saja! Berdasarkan data isilah tabel berikut!

Tabel Pengamatan

Larutan	Konsentrasi asam (mol.dm ⁻³)	pH larutan		[H ⁺] pada larutan	
		HCl	CH ₃ COOH	HCl	CH ₃ COOH
A			3		
B					
C					

III. Pertanyaan

Berdasarkan kegiatan di atas, jawablah pertanyaan berikut!

Soal	Penyelesaian
1. Jelaskan hubungan pH dengan [H ⁺]? 2. Bagaimana pengaruh pengenceran terhadap pH larutan HCl? 3. Hitung pH: - Larutan HCl 0,0001 M - Larutan HCl 0,00001 M	
4. Bandingkan pH HCl 0,1 M dan CH ₃ COOH 0,1 M? Jelaskan mengapa berbeda? 5. Dalam larutan CH ₃ COOH 0,1 M, berapakah konsentrasi : - H⁺ - CH₃COO⁻ - CH₃COOH 6. Hitung berapa % CH ₃ COOH yang terdisosiasi pada larutan tersebut? 7. Tentukan harga K _a untuk CH ₃ COOH! 8. Bagaimana hubungan H ⁺ dengan K _a pada larutan asam lemah?	



Lembar Kegiatan 2

Menguji pH beberapa Larutan

Pada percobaan ini akan diselidiki harga pH beberapa larutan untuk menentukan sifat keasaman atau kebasaannya menggunakan kertas indikator universal.

I. Alat dan bahan :

- Kertas indikator universal
- Pipet tetes
- Cuka, air sabun, air mineral, air jeruk, air kapur, dan minuman ringan

II. Langkah kerja :

1. Teteskan larutan cuka kepada kertas indikator universal. Bandingkan warna yang muncul dengan warna-warna pada skala pH indikator universal.
2. Tentukan harga pH larutan cuka.
3. Lakukan percobaan dengan menggunakan larutan yang lain.
4. Catat hasil percobaan pada tabel seperti berikut.

Larutan	Warna Indikator pada Larutan	Harga pH	Sifat Larutan
1. Cuka 0,1 M		3	Asam
2. Air sabun			
3. _____			
4. _____			
5. _____			
6. _____			
dst.			

III. Pertanyaan

1. Larutan apa yang paling asam dan yang paling basa pada percobaan ini?
2. Urutkan keasamaan dan kebasaannya dari yang lemah ke yang kuat!



Lembar Kerja 3

Perubahan Warna Indikator

Tujuan

Mengamati pH suatu indikator berubah warna.

Alat

Tabung reaksi

Bahan

- 1) Indikator fenolftalein, metil jingga, bromtimol biru, kol ungu.
- 2) Larutan pH 1 sampai dengan 14.
- 3) Larutan yang akan diuji (air hujan, *softdrink* yang tidak berwarna, air aki, dan pemutih kain)
- 4) Aquadest

Langkah Kerja

❖ Menentukan Trayek pH Indikator

- 1) Isilah 14 tabung reaksi masing-masing dengan 2 mL larutan pH=1 sampai dengan pH=14 (beri label reaksi dan urutkan dari pH=1 sampai dengan pH=14).
- 2) Tambahkan 3 - 4 tetes indikator pada setiap tabung reaksi (setiap kelompok kerja menggunakan indikator yang berbeda).
- 3) Amati dan fotolah setiap tabung reaksi dari pH 1 sampai dengan 14.
- 4) Catatlah pada pH berapa indikator tersebut berubah warna.
- 5) Hasil fotonya diprint dan tempelkan dalam tabel pita warna berikut:

Hasil Pengamatan:

Tabel Pita Warna

Perubahan warna larutan dengan menggunakan indikator:

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Warna														

❖ Memperkirakan pH larutan

- 1) Siapkan tabung reaksi. Setiap empat tabung reaksi diisi dengan 2 mL air hujan, *softdrink* yang tidak berwarna, air aki, dan pemutih kain.
- 2) Tambahkan 1 tetes indikator yang berbeda pada empat tabung reaksi dari satu larutan yang akan diprediksi pHnya. Amati dan catatlah perubahan warnanya. Tentukan pH dari masing-masing larutan tersebut!



E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Perhatikan tabel K_a dari beberapa asam berikut.

No	1	2	3	4	5	6	7
Asam	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG
K_a	$6,2 \times 10^{-8}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-12}$	$1,8 \times 10^{-5}$	7×10^{-4}	$6,7 \times 10^{-5}$

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kekuatan asam adalah ...

- A. $HA > HF > HC$
 - B. $HF < HG < HC$
 - C. $HB < HE < HD$
 - D. $HF > HE < HB$
2. Di antara larutan-larutan di bawah ini yang mempunyai harga $[H^+]$ paling besar adalah ...
- A. $HCl\ 1\ mol\ L^{-1}$
 - B. $HCl\ 0,1\ mol\ L^{-1}$
 - C. $CH_3COOH\ 1\ mol\ L^{-1}$
 - D. $CH_3COOH\ 0,1\ mol\ L^{-1}$
3. Larutan **asam** metanoat $0,01\ M$ memiliki $K_a = 10^{-8}$. Derajat ionisasi asam Adalah ...
- A. 0,001
 - B. 0, 01
 - C. 0,10
 - D. 1,00
4. Lima larutan berikut (P, Q, R, S, dan T) yang konsentrasinya sama mempunyai pH seperti pada diagram berikut.

P	Q	R	S	T
1		7		14



Pernyataan berikut yang benar adalah ...

	Amonia	Asam asetat	Asam sulfat	Natrium klorida	Lithium hidroksida
A.	Q	S	T	R	P
B.	R	P	Q	S	T
C.	S	Q	P	R	T
D.	T	Q	P	S	R

5. Larutan **asam** asetat ($K_a = 2 \times 10^{-5}$) mempunyai harga pH yang sama dengan larutan HCl 2×10^{-3} M. Konsentrasi larutan asam asetat adalah ...
- 0,10 M
 - 0,20 M
 - 0,25 M
 - 0,40 M
6. Suatu obat baru yang diperoleh dari biji tanaman ternyata berupa basa **organik** lemah. Bila 0,100 M larutan obat tersebut dalam air mempunyai pH = 11, maka K_b obat tersebut adalah ...
- 10^{-2}
 - 10^{-3}
 - 10^{-4}
 - 10^{-5}
7. Larutan di bawah ini yang memiliki harga pH terkecil adalah ...
- HCl 0,1 M
 - H_2SO_4 0,1 M
 - H_2SO_4 0,05 M
 - CH_3COOH 0,1 M
8. Harga pH suatu larutan adalah X. Bila larutan tersebut diencerkan hingga volumenya 1000 kali volum semula, maka pH larutan menjadi 6. Besarnya X adalah ...
- 1
 - 2
 - 3
 - 4



F. RANGKUMAN

- Lambang tetapan keseimbangan air adalah K_w . Pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$
- pH larutan menunjukkan derajat keasaman
- pH larutan dapat ditentukan dengan menggunakan alat ukur pH seperti pH-meter dan indikator asam-basa.
- Perhitungan konsentrasi ion H^+ dan OH^- dalam asam lemah dan basa lemah adalah: $[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$, $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$
- Hubungan ion H^+ dan OH^- dengan pH atau pOH dinyatakan:
 $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$, $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.
- Makin besar K_a suatu asam, sifat asam makin kuat, makin besar K_b , sifat basa makin kuat.
- Pada konsentrasi yang sama, asam kuat mempunyai pH yang lebih kecil daripada asam lemah, pada konsentrasi yang sama, basa kuat mempunyai pH yang lebih besar daripada basa lemah.
- Makin kecil harga α sifat asam atau basa makin lemah.

G. UMPAN BALIK

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

Kegiatan Pembelajaran 1

1. C.(ICl_3 , SO_2 , OF_2)
2. B. (R dan Q)
3. A. (CH_3F)
4. B. (CsBr , BaBr_2 , SrO)

Kegiatan Pembelajaran 2

1. B
2. A
3. B
4. B
5. E

Kegiatan Pembelajaran 3

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

Kegiatan Pembelajaran 4

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Kunci	D	A	A	C	B	D	B	C



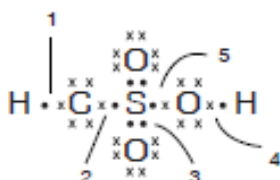
EVALUASI

Soal ikatan kimia

1. Urutan senyawa yang mengandung ikatan kovalen koordinat, kovalen polar, dan kovalen adalah ...

- A. CO_2 , H_2O , HCl
- B. SO_2 , HF , CO_2
- C. HF , H_2O , SO_2
- D. SO_2 , CO_2 , HF

2. Perhatikan struktur Lewis pada senyawa berikut.



Ikatan kovalen koordinasi pada senyawa berikut ditunjukkan oleh nomor ...

- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
3. Himpunan tiga senyawa berikut yang memiliki ikatan kovalen adalah ...
- A. HCl , SCl_2 , BaCl_2
 - B. HBr , BeCl_2 , LiI
 - C. ICl_3 , SO_2 , OF_2
 - D. H_2SO_4 , BH_3 , PbSO_4
4. Nomor atom unsur P, Q, R, dan S masing-masing 6, 9, 11, 18. Pasangan unsur-unsur diharapkan membentuk ikatan ion adalah ...
- A. P dan Q
 - B. R dan Q



- C. S dan R
D. P dan S
5. Diantara senyawa berikut yang memiliki kepolaran paling besar adalah ...
A. CH_3F
B. CH_3Cl
C. CH_3Br
D. CH_3I

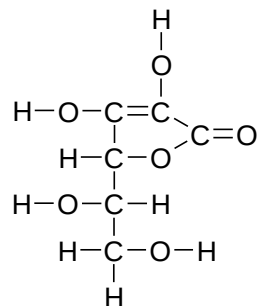
Stoikiometri

6. Pada suhu dan tekanan tertentu terjadi pembakaran sempurna gas C_2H_6 oleh 3,5 liter gas O_2 dengan persamaan reaksi:



Volume gas CO_2 yang dihasilkan adalah ...

- A. 2 liter
B. 3,5 liter
C. 6 liter
D. 8,5 liter
7. Vitamin C memiliki rumus struktur sebagai berikut.

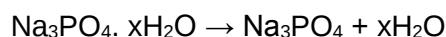


Manakah di bawah ini yang merupakan rumus empiris dari vitamin C?

- A. $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$
B. $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$
C. $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4$
D. $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$



8. Untuk menentukan air kristal dalam senyawa natrium fosfat berhidrat, 38 gram garam ini dipanaskan hingga semua air kristalnya menguap, massa yang tersisa sebanyak 16,4 gram, menurut reaksi:

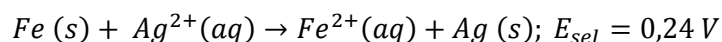
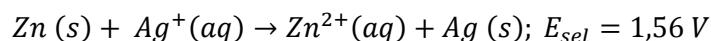
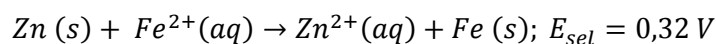


Rumus senyawa natrium fosfat berhidrat adalah ...

- A. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
 - B. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
 - C. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
 - D. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$
9. Suatu gas dapat diperoleh dengan cara mereaksikan padatan karbid dengan air sesuai dengan persamaan reaksi berikut:
- $$\text{CaC}_2 (\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 (\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq})$$
- Nama senyawa pereaksi dan hasil reaksi yang diperoleh adalah ...
- A. kalsium (II) karbida dan etana
 - B. kalsium dikarbida dan etana
 - C. kalsium karbida dan etuna
 - D. kalsium dikarbida dan etuna
10. Pupuk yang banyak mengandung nitrogen adalah ... (Ar N = 14)
- A. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Mr = 142)
 - B. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ (Mr = 150)
 - C. $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (Mr = 60)
 - D. NH_4NO_3 (Mr = 80)

Sel volta dan korosi

11. Diketahui potensial standar untuk reaksi sel berikut.



Berdasarkan data potensial tersebut, dapat disimpulkan bahwa urutan ketiga logam tersebut berdasarkan kekuatan pereduksi yang semakin menurun adalah ...



- A. Ag, Fe, Zn
- B. Ag, Zn, Fe
- C. Fe, Zn, Ag
- D. Zn, Fe, Ag

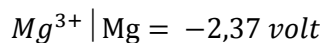
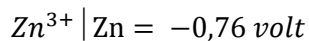
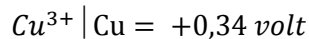
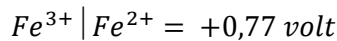
12. Diketahui potensial reduksi standar:



Diantara pernyataan berikut yang menunjukkan proses pada sel volta dengan elektroda Sn yang dicelupkan ke dalam larutan Sn^{2+} 1 M, dan elektroda Mg yang dicelupkan ke dalam larutan Mg^{2+} 1 M adalah ...

- A. Pada sel tersebut logam Mg sebagai katoda
- B. Reaksi: $\text{Sn} + \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Mg} + \text{Sn}^{2+}$ berlangsung spontan
- C. Potensial sel yang terjadi +2,57 volt
- D. Logam Sn bertindak sebagai elektroda positif

13. Diketahui potensial reduksi standar:



Diantara reaksi berikut yang memiliki potensial sel terbesar adalah ...

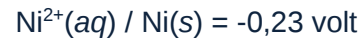
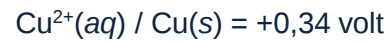
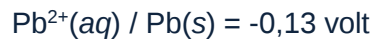
- A. $\text{Zn} (s) + 2\text{Fe}^{3+}(aq) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2\text{Fe}^{2+}(aq)$
- B. $\text{Mg} (s) + 2\text{Fe}^{3+}(aq) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2\text{Fe}^{2+}(aq)$
- C. $\text{Cu} (s) + \text{Mg}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{Mg} (s)$
- D. $2\text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cu}^{3+}(aq) \rightarrow 2\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Cu} (s)$

14. Pada sel elektrokimia dengan elektroda Pb dan Zn, manakah reaksi dibawah ini yang tidak dapat berlangsung?

- A. $\text{Zn}(s) + \text{Pb}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{Pb}(s)$
- B. $\text{Cu}(s) + 2\text{Fe}^{3+}(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2\text{Fe}^{2+}(s)$
- C. $3 \text{Sn}^{2+}(s) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) \rightarrow 3 \text{Sn}^{4+}(aq) + 2 \text{Cr}^{3+}(s)$
- D. $\text{Zn}^{2+}(s) + \text{Cu}(aq) \rightarrow \text{Zn}(aq) + \text{Cu}^{2+}(s)$



15. Data dari reaksi setengah sel dengan E° sebagai berikut:



Logam yang dapat mencegah korosi pipa besi yang ditanam di dalam tanah adalah ...

- A. Ni
- B. Sn
- C. Mg
- D. Cu

Konsentrasi ionisasi asam basa

16. Trayek pH indikator brom timol biru, fenolftalein dan metil jingga adalah sebagai berikut.

Larutan Indikator	Trayek pH	Warna Perubahan Indikator
Brom timol biru	6,0 - 7,6	Kuning ke biru
Fenolftalein	8,2 - 10	Tidak berwarna
Metil jingga	3,2 - 4,4	Merah ke kuning

Jika larutan X diuji dengan metil jingga menghasilkan warna kuning, dengan brom timol biru menghasilkan warna biru dan dengan fenolftalein tidak berwarna, maka harga pH larutan X adalah diantara ...

- A. 7,6 - 8,2
- B. 4,4 - 8,2
- C. 4,4 - 7,6
- D. 3,2 - 7,6

17. pH larutan dari campuran 100 mL HCl 0,10 M dengan dengan 200 mL larutan NH_3 (aq) 0,2 M ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$) adalah ...

- A. $5 - \log 3,6$
- B. $5 - \log 5,4$
- C. $9 - \log 3,6$
- D. $9 + \log 5,4$



18. Lima larutan berikut (P, Q, R, S, dan T) yang konsentrasinya sama mempunyai pH seperti pada diagram berikut.

P	Q	R	S	T
1		7		14

Pernyataan berikut yang benar adalah ...

	Amonia	Asam asetat	Asam sulfat	Natrium klorida	Lithium hidroksida
A.	Q	S	T	R	P
B.	R	P	Q	S	T
C.	S	Q	P	R	T
D.	T	Q	P	S	R

19. Sekelompok siswa menguji air sungai yang melewati beberapa tempat yang diduga mengandung limbah industri dengan berbagai indikator asam basa yang diketahui trayek pH-nya. Data yang diperoleh dicatat pada tabel berikut:

Air sungai	Metil Jingga (3,0-4,4)	Metil merah (4,2- 6,2)	Brom timol biru (6,0-7,8)	Fenolftalin (8,0-9,2)
X	kuning	jingga	kuning	Tak berwarna
Y	kuning	kuning	biru	merah
Z	merah	merah	kuning	Tak berwarna

Mana kesimpulan siswa yang benar terhadap pH air sungai berdasarkan hasil percobaannya?

- A. $X = \pm 5$, $Y=9$, $Z > 3$
- B. $X = \pm 5$, $Y > 9$, $Z < 3$
- C. $X = > 6$, $Y < 9$, $Z = 3$
- D. $X = > 6$, $Y < 9$, $Z = 3$

20. Trayek pH indikator brom timol biru, fenolphtalein dan metil jingga adalah sebagai berikut:

Larutan Indikator	Trayek pH	Warna Perubahan Indikator
Brom timol biru	6,0 - 7,6	Kuning ke biru
Fenolftalein	8,2 - 10	Tidak berwarna



Metil jingga	3,2 - 4,4	Merah ke kuning
--------------	-----------	-----------------

Jika larutan X diuji dengan metil jingga menghasilkan warna kuning, dengan brom timol biru menghasilkan warna biru dan dengan fenolftalein tidak berwarna. Maka harga pH larutan X adalah diantara ...

- A. 7,6 - 8,2
- B. 4,4 - 8,2
- C. 4,4 - 7,6
- D. 3,2 - 7,6



PENUTUP

Modul Guru Pembelajar Kimia SMA-Modul B ini disiapkan untuk guru pada kegiatan program guru pembelajar baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogik dan profesional yang harus dicapai guru. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan Pengembangan Keprofesionalan Berkelanjutan sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul Guru Pembelajar ini juga mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan program guru pembelajar, baik secara moda tatap muka, dalam jaringan kombinasi maupun penuh.

Untuk pencapaian kompetensi ada Modul B 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

- Abdul Haris Watoni.2002. *Menyongsong OSN Kimia SMA*. Yogyakarta. Intersolusi Pressindo.
- Ahmad Mutamakkin 2008. *Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Organik SMA Berbasis Multimedia Komputer*.Malang: Universitas Negeri Malang
- Ali, M., dan Asrori,M. (2014). *Psikologi Remaja: Perkembangan Peserta Didik*. Jakarta: Bumi Aksara
- American Association for the Advancement of Science. (1969)."*Science A Process Approach*" USA : AAAS / Xerox Corporation.
- Atkinson, R.L., Atkinson, R.C., Hilgard, E.R. (1996), *Pengantar Psikologi*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bambang Sugiarto, 2004, *Ikatan Kimia*, Jakarta: Dikmenjur Departemen Pendidikan Nasional
- Bligh, D., et al. 1980. *Methods and Techniques of Teaching in Post-Secondary Education*. UNESCO.
- Brady, James and Humiston, 1986, *General Chemistry 4/E Principle and Structure*, SI Version. New York: John Wiley & Sons.
- Brown, Theodore L. 1977. *CHEMISTRY, The Central Science*. Seventh , USA :Edition,Prentice-Hall International, Inc.
- Chang, Raymond,2003. *Kimia Dasar : Konsep-Konsep Inti*, edisi ketiga, jilid 1, Jakarta:Erlangga
- Chang Raymond.2006. *General Chemistry : The Essensial Concepts. Fourth Edition*, New York : Mc Graw- Hill
- Chang, Raymond. 2006. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti*.Jakarta:Erlangga.
- Collete, A. T. dan Chiappetta E.L. 1994. *Science Instruction in The Middle and Secondary Schools* (3rd edition). New York: Macmillan Publishing Company.
- Dalilia, Sadila, *Teori Dasar Komunikasi Visual*, <https://sapidadalila.wordpress.com/2010/03/21/teori-dasar-komunikasi-visual>. Diakses 13 September 2015
- Davis, Peck. 2010. *The Foundation of Chemistry*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.



- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMA.
- DePorter, B. dan Hernacks, M. (2001) *Quantum Learning*, Bandung : Kaifa.
- DePorter, B., Reardon, M., Nouri, S.S. (2001) *Quantum Teaching*, Bandung : Kaifa.
- Devi, Poppy, K., Siti Kalsum., dkk. 2009. *Kimia 1*, Kelas X SMA dan MA. Edisi BSE. Jakarta. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Dikmenum. 1999. *Pengelolaan Laboratorium IPA*. Jakarta Departemen Pendidikan dan kebudayaan
- Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah. 2011. *Buku Katalog Alat Pendidikan IPA untuk SMA*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas
- Domingo. Cristina MA. 2005. *CHEMISTRY (Science & Technology III Skills Builder & Exercices*. Philippines : Great Minds Book Sales, Inc.
- Ebbing. 2012. *General Chemistry*, Tenth Edition. USA: Houghton Mifflin Co.
- Haryati (2006). *Sistem Penilaian Berbasis Kompetensi*. Jakarta. PT Gaung Persada
- Herliawatie, Lenny. 2007. *Pengenalan dan Penggunaan Bahan Kimia*. Modul PPPPTK IPA. Bandung
- Hiskia Achmad, Tupamahu. 1996. *Stoikiometri dan Energetika Kimia*. Penuntun Belajar Kimia Dasar. Bandung . Citra Aditya Bakti.
- <http://acehlook.com/hukum-konservasi-massa-dan-mol/> diunduh hari Rabu tanggal 02 September 2015, jam 13.45 WIB
- <http://akademi-pendidikan.blogspot.com/2012/02/media-visual-dua-dimensi.html>. Diakses 9 September 2015
- <http://ceva24chandra.blogspot.com/2011/06/makalah-media-visual.html>. Diakses 20 September 2015
- <https://esdikimia.wordpress.com/2009/09/26/massa-atommolekul-relatif-armr-isotop-dan-kelimpahannya/> diunduh hari Selasa tanggal 25 Agustus 2015, jam 10.50 WIB
- <https://ian43.wordpress.com/2010/11/03/perbedaan-media-dan-alat-peraga/#more-754>. Diakses 20 September 2015
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Stoikiometri> , diunduh hari Selasa tanggal 25 Agustus 2015, jam 10.48 WIB
- <http://mcholieq.blogspot.com/2013/12/makalah-karakteristik-media-dua-dimensi.html>. Diakses 9 September 2015
- <http://septimartiana.blogspot.com/2014/01/contoh-makalah-media-visual.html>. Diakses 20 September 2015
- <http://www.webelements.com/shop/product-category/posters/>
- <http://www.answers.com/topic/lewis-acid>
- <http://www.intox.org/databank/documents/chemical/cobaltcl/ukpid50.htm>



- Hurlock, E.B. (1980) *Perkembangan Anak*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Hurlock, E.B. (1980) *Psikologi Perkembangan*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Indrawati, dkk. 2007. *Pengenalan Laboratorium Kimia*. Sekolah Menengah Atas. Jakarta. Direktur Pembinaan SMA.
- Joyce and Weil, 1986, *Models of Teaching*, Second Edition, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- , 1992, *Models of Teaching*, Fourt Edition, Boston: Allyb and Bacon.
- Kemdiknas. 2006. Permendikas No. 41 tentang Standar Proses. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- 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: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2013. Permendikbud 64 tahun 2013 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran pada Dikdasmen. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kertiasa, Nyoman. 2006. *Laboratorium Sekolah & Pengelolaannya*. Bandung. Pidak.
- Laird, Brian B, 2009, *University Chemistry*, New York: McGraw- Hill
- Lewis, Michael & Guy Waller. 1997. *Thinking Chemistry*. London: Great Britain, Oxford University Press.
- LN. Yusuf, S. (2012). *Psikologi Perkembangan Anak dan Remaja*. Bandung: PT Remaja Rosda Karya
- Loree, M.R. (1970) *Psychology of Education*, New York : The Ronald Press.
- Makmun, A., S., (2002) *Psikologi Kependidikan*, Bandung : C.V. Rosda Karya.
- McKeachie, Wilbert J., et al. 1994. *Teaching Tips: Strategies, Research and Theory for College and University Teachers* (9th edition). Lexington, Massachusetts: D.C. Heath and Company.
- Michael and Guy. 1997. *Thinking Chemistry*. GCSE Edition Great Britain, Oxford, Scotprint Ltd.
- Modul Online SMA » Kelas X » Kimia » *Hukum Dasar Kimia Dan Perhitungan Kimia*
- Natawijaya, R., *Psikologi Perkembangan*, Jakarta : Dep. Dik. Bud.
- Nuryani & Rustaman. (2003). *Peranan Pertanyaan Produktif dalam Pengembangan KPS dan LKS*. Bandung : Depdiknas
- Parlan dan Wahjudi. 2003. *Kimia Organik I*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Peck. 2010. *The Foundation of Chemistry*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.



- Permendiknas No. 2004 Tahun 2007. *Standar Sarana dan Prasarana untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (Smp/Mts), Dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA)*
- Permendiknas Nomor 26 Tahun 2008 tentang *Standar Tenaga Laboratorium Sekolah/Madrasah*.
- Popham, W.J. (1995). *Classroom Assessment, What teacher Need it Know*. Oxford: Pergamon Press.
- Poppy K, dkk., *Kimia 2 kelas XI SMA/MA*, Pusat Perbukuan Depdiknas
- Poppy dkk. (2007). *Kimia 1, Kelas XI SMA dan MA*, Bandung. PT Remaja Rosdakarya.
- Poppy. (2010). *Larutan Asam basa*, Modul Diklat Peningkatan Kompetensi Guru Kimia. Bandung: PPPPTK IPA
- Poppy K. Devi. 2015. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Mata Pelajaran Kimia tahun 2015. Pusbangprodik, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Poppy K. Devi. (2010). *Keterampilan Proses pada pembelajaran IPA*. Modul Program BERMUTU. Bandung: P4TK IPA
- Purwanto. N (2002). *Prinsip-prinsip Evaluasi Pengajaran*, Bandung: Rosda Karya
- Ramsdeen, Eileen. 2001. *Key Science: Chemistry*. Third edition. London: Nelson Thornes Ltd.
- Ratnawulan. (2011). *Pengertian dan Esensi Konsep Evaluasi, Asesmen, Tes dan Pengukuran* (Artikel) : FPMIPA, UPI
- Rosbiono, Momo. 2004. *Modul Pengadministrasian Alat dan Bahan Kimia*. Jakarta. Dikmenjur. Depdiknas.
- Ryan, Lawrie. 2001. *Chemistry for You*. London: Nelson Thornes.
- Sadiman, Arief S., dkk. *Media Pendidikan*, Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2006
- Sanaky, Hujair AH., *Media Pembelajaran*, Yogyakarta: Kaukaba Dipantara, 2011
- Santrock, J.W. (2012). *Life-Span Development*. Edisi ke 13, Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Santrock, J.W. (1995) *Life-Span Development*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Setiawati, Tati. Yuyu Sri Rahayu. 2007. *Stoikiometri*. Modul Guru Kimia SMA/MA. Bandung. PPPPTK IPA
- Sentot Budi Raharjo, Ispriyanto. 2013. *Kimia Berbasis Eksperimen untuk Kelas X SMA/MA*. Sola Tiga Serangkai.
- Silberberg. 2011. *Chemistry*. New York: Mc Graw Hill Companies. Inc.
- Stokes, Suzane, *Visual Literacy in Teaching and Learning: A Literature Perspective*, dalam *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, vol. 1. <http://ejite.isu.edu/Volume1No1/pdfs/stokes.pdf>. Diakses tanggal 10 Oktober 2015



- Sukarmin.2009.*Kimia Organik*. [Online]. Forum.Php09-02-2010 [14 April 2010]
- Sumantri, Mulyani dan H. Johar Permana, *Strategi Belajar Mengajar*, Bandung: CV Maulana, 2001
- Sunarto, dan Agung Hartono, *Perkembangan Peserta Didik*, Jakarta: Rineka Putra, 2002
- 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.
- Sudjana.N.& Ibrahim. (2001) *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*. Bandung: Sinar Baru Algosindo.
- Sudijono, Anas, Prof. (2006). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta. PT Grafindo Persada
- Sunarto, H., Hartono,A.,B., (2002) *Perkembangan Peserta Didik*, Jakarta : P.T. Asdi Mahasatya.
- Surya, (2003), *Psikologi Pembelajaran dan Pengajaran*, Bandung : Yayasan Bhakti Winaya.
- Syaiful Sagala, 2005, *Konsep dan Makna Pembelajaran*, Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Tim Kimia, 2012, 2012, *Modul Struktur Atom dan Ikatan Kimia*, Bandung: PPPPTK IPA
- Whitten, Kenneth W., Davis, Raymond E., Peck, M. Larry., Stanley, George G. 2010. *Chemistry*. Ninth Edition. International Edition. USA. Brooks/Cole Cengage Learning.
- Yeon, Weinstein, (1996) A Teachers World, *Psychology in the Classroom* : Mc. Graw-Hill, Inc.
- Yusuf, Pawit M., *Komunikasi Instruksional*, Jakarta: Bumi Aksara, 2010
- Zaini, Hisayam, dkk., *Strategi Pembelajaran Aktif*, Yogyakarta: CTSD, 2007
- 2005. Encarta Encyclopedia.



GLOSARIUM

Anoda	: Elektoda positif dalam sel elektrolisis atau elektoda negatif pada sel volta. Tempat terjadinya oksidasi dalam sel elektrokimia.
Asam kuat	: asam yang terionisasi 100% dalam air.
Asam lemah	: asam yang terionisasi lebih kecil dari 100% dalam air.
Avogadro, tetapan	: jumlah partikel (atom, molekul, ion) dalam satu mol. Satu mol = $6,02 \times 10^{23}$ buah.
Aturan duplet	: suatu atom stabil dengan elektron valensi dua.
Aturan oktet	: suatu atom cenderung mempunyai elektron valensi delapan seperti gas mulia (kecuali helium = 2).
Basa kuat	: basa yang terionisasi 100% dalam air.
Basa lemah	: basa yang terionisasi lebih kecil dari 100% dalam air.
Derajat ionisasi	: perbandingan mol elektron lemah yang terion dengan mol mula-mula.
Elektrokimia	: Ilmu yang mempelajari hubungan antara energi listrik dan reaksi kimia.
Gay Lussac,	: bila volum tetap, tekanan gas dengan massa tertentu

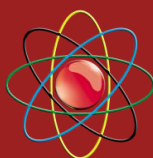


hukum	berbanding lurus dengan suhu mutlak.
Golongan transisi	: unsur yang terletak antara golongan IIA dan IIIA atau blok d dalam tabel periodik.
Ikatan ion	: gaya tarik elektrostatis antara ion positif dan negatif dalam kristal.
Ikatan logam	: gaya tarik listrik antara ion positif dengan elektron dalam kisi logam.
Ikatan kovalen koordinat	: ikatan kovalen antara dua atom, tetapi pasangan elektron yang dipakai bersama berasal dari salah satu atom.
Ikatan kovalen	: ikatan antara dua atom dengan pemakaian bersama sepasang elektron atau lebih.
Indikator	: zat yang mempunyai warna tertentu dalam suatu daerah pH.
Indikator universal	: campuran beberapa indikator yang berwarna spesifik pada setiap pH larutan.
Jembatan garam	: Suatu tabung berisi campuran agar-agar dan larutan elektrolit yang dipakai untuk menghubungkan kedua elektroda dalam sel volta.
Katoda	: Elektoda negatif dalam sel elektrolisis atau elektoda positif dalam sel volta. Tempat terjadinya reaksi reduksi dalam sel elektrokimia.
Korosi	: Kerusakan logam oleh zat kimia yang terdapat di sekitar lingkungannya.
Mol	: kuantitas zat yang mempunyai massa (dalam gram) sebanyak massa atom molekul relatifnya.
Pereaksi pembatas	: reaksi yang salah satu pereaksinya tersisa.

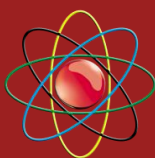


Perlindungan Katodik	: Melindungi logam dari korosi dengan dilapisi logam lain yang lebih mudah dioksidasi
Potensial reduksi standar	: Potensial reduksi suatu elektroda dalam keadaan standar (25°C, 1 atm, konsentrasi larutan 1M) yang dibandingkan terhadap elektroda hidrogen standar.
Volta, sel	: Sel elektrokimia yang mengubah reaksi kimia menjadi energi listrik
Indikator	: zat yang mempunyai warna tertentu dalam suatu daerah pH
Indikator Universal	: zat yang mempunyai warna tertentu dalam suatu daerah pH





**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