



ASAM BASA



KIM/ ANL - II

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
JAKARTA
2004**

KATA PENGANTAR

Pendidikan Menengah Kejuruan sebagai penyedia tenaga kerja terampil tingkat menengah dituntut harus mampu membekali tamatan dengan kualifikasi keahlian standar serta memiliki sikap dan perilaku yang sesuai dengan tuntutan dunia kerja. Sejalan dengan itu maka dilakukan berbagai perubahan mendasar di dalam penyelenggaraan pendidikan kejuruan. Salah satu perubahan tersebut adalah penerapan Sistem Pendidikan dan Pelatihan Berbasis Kompetensi.

Dalam rangka mengimplementasikan kebijakan tersebut, maka dirancang kurikulum yang didasarkan pada jenis pekerjaan dan uraian pekerjaan yang dilakukan oleh seorang analis dan teknisi kimia di dunia kerja. Berdasarkan hal itu disusun kompetensi yang harus dikuasai dan selanjutnya dijabarkan ke dalam deskripsi program pembelajaran dan materi ajar yang diperlukan yang disusun ke dalam paket-paket pembelajaran berupa modul.

Modul-modul yang disusun untuk tingkat II di SMK program keahlian Kimia Analisis dan Kimia Industri berjumlah empat belas modul yang semuanya merupakan paket materi ajar yang harus dikuasai peserta didik untuk memperoleh sertifikat sebagai **Pengelola Laboratorium**. Judul-judul modul dapat dilihat pada peta bahan ajar yang dilampirkan pada setiap modul.

BANDUNG, DESEMBER 2003

TIM KONSULTAN KIMIA

FPTK UPI

DAFTAR ISI MODUL

halaman

HALAMAN DEPAN (COVER1)	
HALAMAN DALAM (COVER 2)	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PERISTILAHAN/GLOSARIUM.....	
I. PENDAHULUAN	
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	2
C. Petunjuk Penggunaan Modul	2
D. Tujuan Akhir	4
E. Kompetensi	5
F. Cek Kemampuan	5
II. PEMBELAJARAN	
A. Rencana Belajar Siswa	7
B. Kegiatan Belajar	
1. Kegiatan Belajar 1	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1.....	8
b. Uraian Materi 1	8
c. Rangkuman 1	11
d. Tugas 1	11
e. Tes Formatif 1	11
f. Kunci Jawaban Formatif 1	11
g. Lembar Kerja 1	11
2. Kegiatan Belajar 2	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2	12
b. Uraian Materi 2	12
c. Rangkuman 2	19
d. Tugas 2	19
e. Tes Formatif 2	19
f. Kunci Jawaban Formatif 2	20
g. Lembar Kerja 2	
3. Kegiatan Belajar 3	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 3	21
b. Uraian Materi 3	21
c. Rangkuman 3	29
d. Tugas 3	30
e. Tes Formatif 3	30

f. Kunci Jawaban Formatif 3	30
g. Lembar Kerja 3	31
4. Kegiatan Belajar 4	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 4	35
b. Uraian Materi 4	35
c. Rangkuman 4	47
d. Tugas 4	48
e. Tes Formatif 4	48
f. Kunci Jawaban Formatif 4	48
g. Lembar Kerja 4	48
5. Kegiatan Belajar 5	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 5	51
b. Uraian Materi 5	51
c. Rangkuman 5.....	58
d. Tugas 5	59
e. Tes Formatif 5	59
f. Kunci Jawaban Formatif 5	59
g. Lembar Kerja 5	60
III EVALUASI	62
Kunci Jawaban.....	63
IV PENUTUP	66
DAFTAR PUSTAKA	67

GLOSSARY

Akseptor proton

Zat penerima proton, H^+ disebut juga basa Bronsted-Lowry

Amfiprotik

Spesi (molekul / ion) yang dapat melepas atau menerima proton

Anion

Ion negatif (misalnya Cl^- , OH^- , ...)

Asam

Zat yang mempunyai rasa asam

Zat yang memerahkan kertas lakmus biru

Zat yang menghasilkan ion H^+ dalam air (konsep Arrhenius)

Zat pelepas proton, H^+ (konsep Bronsted-Lowry)

Asam diprotik

Asam yang mengandung dua atom hidrogen yang dapat terionisasi per molekulnya

Asam yang terionisasi dua tahap

Asam konyugat

Zat yang terbentuk ketika basa menerima ion hidrogen

Asam yang dapat melepas ion hidrogen dan berubah menjadi basa

Asam kuat

Asam yang terionisasi sempurna (100%) menghasilkan H^+ dalam air

Asam lemah

Asam yang terionisasi tidak sempurna (hanya $\leq 10\%$) menghasilkan H^+ dalam air

Asam monoprotik

Asam yang mengandung satu atom hidrogen yang dapat terionisasi per molekulnya

Asam yang terionisasi satu tahap

Asam poliprotik

Asam yang mengandung dua atau lebih (beberapa) atom hidrogen yang dapat terionisasi per molekulnya

Asam yang terionisasi beberapa tahap

Asam triprotik

Asam yang mengandung tiga atom hidrogen yang dapat terionisasi per molekulnya

Asam yang terionisasi tiga tahap

Basa

Zat yang mempunyai rasa pahit
Zat yang dapat membirukan kertas lakmus merah
Zat yang menghasilkan ion OH^- dalam air (konsep Arrhenius)
Zat penerima proton, H^+ (konsep Bronsted-Lowry)

Basa konyugat

Zat yang terbentuk ketika asam melepas ion hidrogen
Basa yang dapat menerima ion hidrogen dan berubah menjadi asam

Basa kuat

Basa yang terionisasi sempurna (100%) menghasilkan OH^- dalam air

Basa lemah

Basa yang terionisasi tidak sempurna (hanya $\leq 10\%$) menghasilkan OH^- dalam air

Bilangan oksidasi

Bilangan yang menunjukkan jumlah elektron atau diterima suatu atom ketika berada dalam senyawa

Derajat ionisasi

Jumlah zat yang mengurai menjadi ion-ion per jumlah zat mula-mula

Donor proton

Zat pelepas proton, H^+ (asam Bronsted-Lowry)

Elektrolit

Zat yang menghantarkan listrik (asam, basa, dan garam) dalam air
Zat yang dalam keadaan lelehan atau larutan yang menghasilkan ion-ion

Hukum pengenceran Ostwald

Hukum dalam ilmu kimia yang menyatakan bahwa derajat ionisasi elektrolit lemah dalam air akan makin besar jika konsentrasi elektrolit lemah diperkecil

Indikator

Zat penunjuk asam atau basa (lakmus, fenolftalein, ...)

Indikator universal

Indikator yang dapat menunjukkan nilai pH suatu zat

Kation

Ion positif (misalnya H^+ , Na^+ , ...)

Persamaan ionisasi

Persamaan reaksi yang menyatakan penguraian suatu zat menjadi ion-ionnya

pH

Logaritma negatif ion hidrogen dalam larutan ($-\log [\text{H}^+]$)

pH meter

Instrumen / alat pengukur harga pH suatu zat

Reaksi disosiasi

Reaksi penguraian suatu zat menjadi spesi yang lebih kecil

Reaksi penguraian suatu zat menjadi molekul / ion-ion

Reaksi ionisasi

Reaksi penguraian suatu zat menjadi ion-ionnya

Tetapan ionisasi air

Tetapan kesetimbangan dari ionisasi air ($K_w = 10^{-14}$ pada 25°C)

Tetapan keasaman

Tetapan kesetimbangan dari ionisasi asam lemah (K_a pada 25°C dan konsentrasi 1M)

Tetapan kebasaan

Tetapan kesetimbangan dari ionisasi basa lemah (K_b pada 25°C dan konsentrasi 1M)

Titik ekuivalen

Keadaan jumlah asam sama dengan jumlah dan basa pada proses titrasi

Trayek pH

Rentang atau daerah pH suatu indikator asam basa dapat berubah warna (Misalnya untuk fenolftalein 8,2 – 10,0)

I PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Modul ini berjudul *Asam Basa*. Materi pelajaran meliputi larutan asam dan larutan basa, teori asam basa (Arrhenius, Bronsted-Lowry), kekuatan asam basa, ionisasi air dan derajat keasaman (pH), dan indikator asam basa.

Untuk mempermudah dan memperoleh pemahaman yang memadai dalam mempelajari modul ini, disarankan anda terlebih dahulu mempelajari dan memahami modul sebelumnya seperti : (1) Modul stoikiometri, (2) Modul ikatan kimia, (3) Modul kesetimbangan kimia, (4) Modul Pengenalan bahan dan sifatnya, (5) Modul teknik sampling dan penyiapan sampel.

Beberapa kemampuan (*competencies*) dan kinerja (*performance*) yang harus dicapai setelah anda mempelajari modul ini adalah sebagai berikut :

Kemampuan dan Kinerja yang harus dicapai		
Pengetahuan	Keterampilan	Sikap
<ul style="list-style-type: none">• Mengenali larutan asam dan larutan basa	<ul style="list-style-type: none">• Mengidentifikasi larutan asam dan larutan basa dengan indikator	<ul style="list-style-type: none">• Mau berpartisipasi dalam mengidentifikasi larutan asam dan larutan basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan teliti
<ul style="list-style-type: none">• Menjelaskan konsep asam basa Arrhenius, dan Brosted-Lowry	<ul style="list-style-type: none">• Mengidentifikasi reaksi asam basa	-
<ul style="list-style-type: none">• Menjelaskan konsep kekuatan asam basa	<ul style="list-style-type: none">• Menentukan kekuatan asam dan basa	<ul style="list-style-type: none">• Mau berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kekuatan asam basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati
<ul style="list-style-type: none">• Menghitung pH larutan asam/basa kuat dan asam/basa lemah	<ul style="list-style-type: none">• Menentukan harga pH dengan indikator/pH meter	<ul style="list-style-type: none">• Cermat dalam menghitung pH, dan hati-hati dalam mengamati penentuan nilai pH
<ul style="list-style-type: none">• Menjelaskan konsep indikator asam basa	<ul style="list-style-type: none">• Menggunakan indikator untuk menentukan asam basa• Mengidentifikasi penggunaan suatu indikator	<ul style="list-style-type: none">• Mau berpartisipasi dalam penggunaan indikator asam basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati

B. Prasyarat

Untuk menguasai secara optimal kemampuan yang dituntut dari Modul Asam Basa ini, dipersyaratkan anda menguasai :

- (1) Modul stoikiometri
- (2) Modul ikatan kimia
- (3) Modul kesetimbangan kimia
- (4) Modul pengenalan bahan dan sifatnya
- (5) Modul teknik sampling dan penyiapan sampel

Kemampuan khusus yang harus anda tekuni dan latih secara intensif dari modul-modul yang dipersyaratkan tersebut adalah :

- (1) Terampil mengenali sifat fisik bahan
- (2) Terampil dalam menyiapkan sampel
- (3) Terampil dalam melakukan perhitungan kimia (stoikiometri)

C. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini dirancang sebagai bahan untuk melangsungkan pembelajaran maupun kerja mandiri. Untuk meningkatkan proses dan hasil belajar, maka pada bagian ini diberikan panduan belajar bagi siswa dan panduan mengajar bagi guru.

1. Panduan belajar bagi siswa

- a. Bacalah dengan cepat keseluruhan modul ini (*skimming*)
- b. Buatlah diagram yang berisikan materi utama yang dibicarakan dalam modul ini berikut aktifitas yang diminta. Beri kotak segi empat untuk setiap materi/konsep utama yang dibicarakan. Tiap kotak diberi nomor urut untuk memudahkan penelusuran isi konsepnya.
- c. Siapkan kertas kosong HVS berukuran 10 x 10 cm (lebih baik lagi kertas lipat berwarna yang banyak dijual di toko buku). Tuliskan nomor dan makna atau isi konsep sesuai yang tercantum dalam diagram.
- d. Pahami isi masing-masing konsep yang tertera pada diagram.
- e. Diskusikan dengan guru dan teman-teman tentang konsep-konsep yang belum anda fahami hingga mendapat kejelasan

- f. Jawablah semua soal-soal yang menguji penguasaan konsep, kemudian periksa hasilnya dengan kunci jawaban yang disediakan. Pelajari kembali apabila penguasaan kurang dari 80%. Ingat ! Kunci jawaban hanya di gunakan setelah anda mengerjakan soal, dan hanya digunakan untuk mengetahui pemahaman nyata anda.
- g. Ikuti praktikum dengan sungguh-sungguh, cermat dan teliti

2. Peran Guru

- a. Sebelum pembelajaran dengan modul ini dilangsungkan, terlebih dahulu dipersiapkan OHT (*Overhead Transparencies*) yang memuat struktur materi/konsep utama dalam bentuk diagram. Transparansikan konsep-konsep penting asam basa, tabel asam-basa, dan tabel kekuatan asam basa.
- b. Tugaskan siswa untuk mempelajari modul ini.
- c. Diskusikan tentang konsep asam-basa yang belum dikuasai siswa. Penjelasan hanya diberikan terhadap konsep yang tidak difahami siswa.
- d. Tugaskan pada kelompok siswa untuk mempraktekkan konsep asam-basa. Organisir agar siswa mempersiapkan alat dan bahan sesuai panduan yang ada dalam modul.
- e. Diskusikan kesulitan siswa dalam melakukan percobaan asam basa
- f. Tugaskan pada siswa untuk menguji penguasaan konsep dengan cara mengerjakan soal-soal yang telah ada dalam modul. Bagi siswa yang belum mencapai penguasaan minimal 80% disuruh untuk mempelajari kembali secara mandiri di rumahnya.
- g. Evaluasi kemampuan siswa sesuai sasaran yang tercantum dalam modul ini baik dalam aspek pengetahuan, ketrampilan maupun sikap. Penilaian aspek pengetahuan dapat menggunakan soal yang tercantum dalam modul. Penilaian keterampilan dan sikap dengan menggunakan lembar pengamatan seperti dicontohkan pula dalam modul ini. Penilaian sikap dan keterampilan sebaiknya dilakukan sejak proses pembelajaran berlangsung.

D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir yang harus dicapai setelah menyelesaikan modul ini tertuang pada tabel sebagai berikut :

Kinerja yang diharapkan	Kriteria keberhasilan	Kondisi/variabel yang diberikan
Terampil (P) dan aktif berpartisipasi (A) dalam mengidentifikasi larutan asam dan larutan basa (K)	<ul style="list-style-type: none">• Menentukan larutan asam dan basa dengan tepat	<ul style="list-style-type: none">• Praktikum dengan bahan-bahan yang ada di sekitar sekolah dan di laboratorium
Terampil (P) dan aktif berpartisipasi (A) dalam menentukan asam basa (K)	<ul style="list-style-type: none">• Konsep dasar asam basa Arrhenius dan Bronsted-Lowry dikuasai minimal 80%• Menunjukkan zat yang termasuk asam dan basa secara eksperimen	<ul style="list-style-type: none">• Disediakan bermacam asam basa yang ada di lab ataupun bahan alam
Terampil (P) dan aktif berpartisipasi (A) dalam menentukan kekuatan asam basa (K)	<ul style="list-style-type: none">• Konsep dasar kekuatan asam basa minimal dikuasai 80%• Dapat menentukan kekuatan suatu asam atau basa	<ul style="list-style-type: none">• Disediakan pH meter atau indikator universal untuk menentukan kekuatan asam basa
Terampil (P) dan aktif berpartisipasi (A) dalam menghitung pH asam basa (K)	<ul style="list-style-type: none">• Menghitung dan mengukur pH asam/kuat dan asam/basa lemah dengan tepat	<ul style="list-style-type: none">• Diberikan soal-soal tentang pH asam/basa dan praktikum penentuan pH larutan asam/basa
Terampil (P) dan aktif berpartisipasi (A) dalam menggunakan indikator asam basa (K)	<ul style="list-style-type: none">• Konsep dasar indikator asam basa minimal dikuasai 80%• Dapat memilih dan menggunakan indikator asam basa dengan tepat	<ul style="list-style-type: none">• Disediakan indikator asam basa sintetis dan indikator yang ada di lingkungan

K = Kognitif

P = Psikomotor

A = Afektif

E. Kompetensi

Kompetensi yang akan dicapai dalam Modul ini mengacu pada GBPP-SMK Implementatif sebagai berikut :

MATA DIKLAT : Menganalisis Bahan Secara Kuantitatif

Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
1	2	3	4	5	6
G.1 Melakukan analisis kualitatif bahan secara karakteristik fisis	Keasaman dan kebasaaan suatu cuplikan didasarkan pada pH larutan	Analisis bahan secara kualitatif	Teliti dan cermat dalam mengamati keasaman dan kebasaaan bahan	Penentuan sifat keasaman dan kebasaaan bahan	Menggunakan indikator Menentukan keasaman dan kebasaaan bahan

F. Cek Kemampuan

Berikut ini merupakan lembar pengecekan kemampuan anda terhadap isi materi yang akan dicapai pada modul. Lembar isian tersebut harus dipandang sebagai alat evaluasi diri, olehkarena itu harus diisi dengan sejujurnya, dan apabila sebagian besar pertanyaan sudah anda kuasai, maka anda dapat mengerjakan soal atau minta pengujian praktek pada guru.

Berikan tanda cek (V) pada tingkat penguasaan sesuai yang anda

No.	Aspek yang harus dikuasai	Tingkat Penguasaan		
		Baik	Sedang	Kurang
1	Pengenalan anda tentang asam basa terhadap bahan yang ada di lingkungan sehari-hari			
2	Pemahaman anda tentang konsep asam menurut Arrhenius			
3	Pemahaman anda tentang konsep asam menurut Bronsted-Lowry			

No.	Aspek yang harus dikuasai	Tingkat Penguasaan		
		Baik	Sedang	Kurang
4	Pemahaman anda tentang basa menurut Arrhenius			
5	Pemahaman anda tentang basa menurut Bronsted-Lowry			
6	Keterampilan anda dalam menentukan asam dari suatu bahan			
7	Keterampilan anda dalam menentukan basa dari suatu bahan			
8	Pemahaman anda tentang kekuatan asam			
9	Pemahaman anda tentang kekuatan basa			
10	Keterampilan anda menentukan kekuatan suatu asam			
11	Keterampilan anda dalam menentukan kekuatan suatu basa			
12	Pemahaman anda tentang pH asam/basa kuat dan asam/basa lemah			
13	Keterampilan anda dalam menghitung pH asam/basa kuat dan asam/basa lemah			
14	Pemahaman anda tentang indikator asam basa			
15	Keterampilan anda dalam menggunakan indikator asam basa			

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Tabel berikut merupakan rambu-rambu rencana pembelajaran dengan menggunakan Modul ini. Rambu-rambu ini bersifat fleksibel dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kondisi sekolah.

Kompetensi : G. Menganalisis bahan secara kuantitatif

Sub Kompetensi : G.1 Melakukan analisis kualitatif bahan secara karakteristik fisis

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Perubahan dan Alasan	Tanda tangan Guru
KBM-1 • Larutan asam dan larutan basa • Menentukan keasaman dan kebasaan suatu larutan		4 jam			
KBM-2 • Teori asam basa Arrhenius • Teori asam basa Bronsted-Lowry		4 jam			
KBM-3 • Kekuatan asam basa		4 jam			
KBM-4 • Ionisasi air dan pH		4 jam			
KBM-5 • Indikator asam basa		4 jam			

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 1

Siswa diharapkan dapat :

- Mengenali larutan asam dan larutan basa
- Mengidentifikasi larutan asam dan larutan basa dengan indikator
- Berpartisipasi dalam mengidentifikasi larutan asam dan larutan basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan teliti

b. Uraian Materi 1

Larutan Asam Dan Larutan Basa

Asam dan basa merupakan zat kimia yang banyak terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya rasa asam cuka berasal dari asam yang dikandungnya yaitu asam asetat, sedangkan sari jeruk mengandung asam sitrat. Asam askorbat (vitamin C) dibutuhkan oleh tubuh kita, sedangkan asam sulfat banyak digunakan dalam *accumulator*.

Contoh basa yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah amonia dan natrium hidroksida. Amonia ada dalam cairan pembersih untuk rumah tangga, sedangkan natrium hidroksida (soda api) yang di jual di pasaran dengan nama lindi terdapat dalam berbagai serbuk atau cairan pembersih oven dan saluran pembuangan air. Basa lainnya adalah susu magnesia yang dimakan untuk meringankan asam lambung (mual). Gambar-1 memperlihatkan beberapa bahan umum yang mengandung asam atau basa.



sari jeruk



cuka



sabun



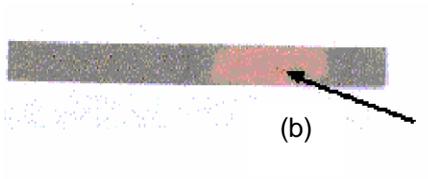
soda

Gambar-1 Bahan umum yang mengandung asam atau basa

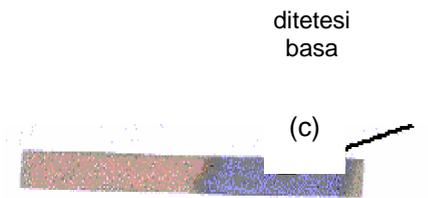
Asam dan basa mempunyai sifat yang dapat membantu kita untuk mengidentifikasinya. Contoh suatu larutan asam mempunyai rasa asam, sedangkan basa mempunyai rasa pahit. Walaupun rasa ini merupakan sifat asam dan basa yang umum, tetapi di laboratorium untuk menguji asam atau basa janganlah mencicipi bahan kimia tersebut tetapi gunakanlah indikator yaitu bahan kimia yang warnanya bergantung pada keasaman dan kebasaan larutannya. Indikator yang sering digunakan adalah zat warna yang disebut *lakmus*. Terdapat dua jenis lakmus, yaitu lakmus berwarna merah dan lakmus berwarna biru. Jika kertas lakmus merah dicelupkan ke dalam larutan bersifat basa, kertas itu akan berubah warna menjadi biru. Demikian apabila kertas lakmus biru dicelupkan ke dalam larutan asam, maka kertas lakmus itu akan berubah warna menjadi merah. Dari perubahan warna kertas lakmus dapat disimpulkan apakah suatu larutan bersifat asam, basa, atau netral. Kertas lakmus biru tidak perlu dibeli secara khusus dari toko bahan kimia, yang dibeli cukup lakmus merah. Untuk memperoleh lakmus biru, anda cukup memegang lakmus merah di atas botol terbuka yang berisi amonia. Uap amonia akan mengubah lakmus merah menjadi lakmus biru. Biarkan beberapa menit di udara agar lakmus biru menjadi kering. Selanjutnya kertas lakmus biru yang diperoleh dapat digunakan untuk pemeriksaan bahan yang bersifat asam. Gambar-2a memperlihatkan kertas lakmus merah dan tempat penyimpanannya, Gambar-2b memperlihatkan perubahan warna kertas lakmus biru yang ditetesi larutan bersifat asam, sedangkan Gambar-2c memperlihatkan perubahan warna kertas lakmus merah yang ditetesi larutan bersifat basa.



(a)

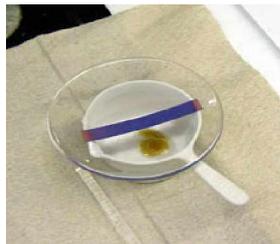


(b)



ditetesi
basa

(c)



Gambar-2 (a) Kerta Lakmus merah
(b) Kertas lakmus biru ditetesi larutan asam
(c) Kertas lakmus merah ditetesi larutan basa

c. Rangkuman 1

- Larutan asam dan basa banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dikenali dari rasanya. Asam mempunyai rasa asam dan basa mempunyai rasa pahit.
- Indikator pengenal asam dan basa adalah kertas lakmus
- Asam dapat memerahkan kertas lakmus biru, dan basa dapat membirukan kertas lakmus merah

d. Tugas 1

- Identifikasi larutan HCl, H₂SO₄, CH₃COOH, NaOH, NH₃, air kapur, air sabun, air jeruk, air hujan, dan air soda dengan menggunakan lakmus. Tentukan sifat larutan

e. Tes Formatif 1

1. Zat-zat apa saja yang ada di lingkunganmu yang dapat ditentukan sifat asam/basanya dengan indera pengecap
2. Apa keuntungan mengidentifikasi asam/basa dengan menggunakan kertas lakmus ?
3. Apa saja bahan alam yang ada di sekitarmu yang dapat digunakan sebagai pengganti kertas lakmus ?

f. Kunci Jawaban Formatif 1

1. makanan /minuman /zat yang tidak membahayakan kesehatan (berikan contohnya oleh anda)
2. semua zat apapun dapat diidentifikasi (berikan contoh mana zat berbahaya dan mana yang tidak)
3. kembang sepatu, kunir (tambahkan contoh lain dan uji pada saat melakukan percobaan)

g. Lembar kerja 1

Percobaan 1a

Tujuan : Menentukan keasaman dan kebasaan larutan

Cara kerja :

1. Ambillah kertas lakmus merah dan lakmus biru
2. Teteskan larutan yang diuji ke dalam lakmus tersebut
3. Amati dan lengkapilah tabel pengamatan
4. Tentukan sifat larutan

5. Ulangi langkah 1 s.d. 4 dengan menggunakan indikator alam (kembang sepatu, kunir, ...)
6. Kelompokkan data yang memberikan efek sama terhadap lakmus !
7. Rumuskan kesimpulan dari percobaan !

Lembar pengamatan :

Larutan yang diuji	Perubahan warna lakmus		Sifat larutan
	Lakmus merah	Lakmus biru	
Larutan A			
Larutan B			
Larutan C			
Larutan D			
Larutan E			
Air kapur			
Air sabun			
Air jeruk			
Air hujan			
Air soda			

Larutan A, B, C, D, dan E ditentukan oleh Pembimbing (Guru)

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 2

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan konsep asam basa Arrhenius, dan Brosted-Lowry
- Mengidentifikasi reaksi asam basa

b. Uraian Materi 2

Teori Asam Basa

Terdapat beberapa teori asam basa, dua diantaranya adalah konsep asam basa menurut Arrhenius dan menurut Bronsted-Lowry.

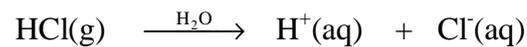
(1) Asam basa menurut Arrhenius

(a) Asam

Pada tahun 1884 Svante Arrhenius mempelajari sifat garam dapur (NaCl) ketika dilarutkan dalam air. Menurut penelitiannya ternyata NaCl dalam air terdisosiasi (mengurai) menjadi partikel-partikel Na^+ dan Cl^- yang disebut ion natrium dan ion klorida seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi,



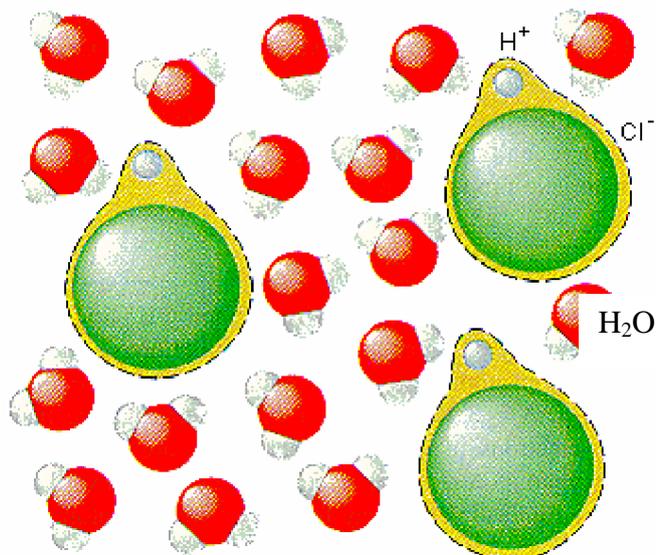
Tiga tahun kemudian ia mengembangkan penelitiannya terhadap senyawa-senyawa asam seperti HCl. Menurutnya ketika HCl berujud gas dilarutkan dalam air, ternyata akan terionisasi (penguraian menghasilkan ion) menjadi ion hidrogen (H^+) dan ion klorida (Cl^-) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar-3 berikut.



atau



aq = aqueous = simbol fase untuk zat yang larut dalam air (H_2O)
 H_2O dituliskan di atas tanda panah menunjukkan H_2O sebagai pelarut



Gambar-3 Keberadaan HCl(g) dalam Air
 (Konsep Arrhenius)

Jadi menurut Arrhenius suatu zat disebut asam apabila zat tersebut menghasilkan ion hidrogen H^+ ketika dilarutkan dalam air. Oleh karena itu HCl disebut asam.

Contoh lain adalah asam nitrat (HNO_3 = bahan pembuat pupuk dan bahan peledak). Dalam air, asam nitrat ini akan terionisasi menurut persamaan reaksi,

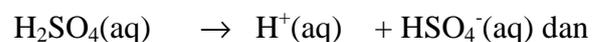


Baik HCl maupun HNO_3 hanya mampu memberikan satu ion hidrogen per molekul asam itu. Asam semacam ini disebut asam *monoprotik* (satu proton). Proton menyatakan ion H^+ . Contoh asam monoprotik lainnya adalah :

Rumus	Nama
HF	asam fluorida
HBr	asam bromida
HI	asam iodida
HClO	asam hipoklorit
HClO ₂	asam klorit
HClO ₃	asam klorat
HClO ₄	asam perklorat
HNO ₂	asam nitrit
CH ₃ COOH	asam asetat (cuka)

Asam-asam yang mampu memberikan lebih dari satu ion H^+ per molekul asam disebut asam *poliprotik* (banyak proton). Contohnya asam sulfat (H_2SO_4 = pengisi accumulator) dan asam fosfat (H_3PO_4).

Asam sulfat secara khusus disebut asam diprotik (dua proton) karena satu molekul asam tersebut memberikan dua ion H^+ . Asam sulfat ini mengalami dua tahap *ionisasi* (penguraian menjadi ion-ion) yaitu,





HSO_4^- disebut ion hidrogen sulfat, dan SO_4^{2-} disebut ion sulfat. Tanda panah satu arah menyatakan terionisasi (penguraian) sempurna, sehingga asam tersebut disebut asam kuat. Tanda panah dua arah menyatakan terionisasi tidak sempurna (berada dalam kesetimbangan), sehingga asam tersebut disebut asam lemah.

Contoh asam diprotik lainnya adalah :

Rumus	Nama
H_2SO_3	asam sulfit
H_2CO_3	asam karbonat
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	asam oksalat
H_2S	asm sulfida

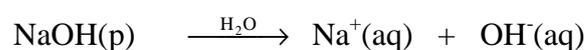
Asam fosfat merupakan contoh asam triprotik (tiga proton), yang terionisasi dalam tiga tahap, yaitu :



H_2PO_4^- disebut ion dihorogen fosfat, HPO_4^- disebut ion monohidrogen fosfat, dan PO_4^{3-} disebut ion fosfat.

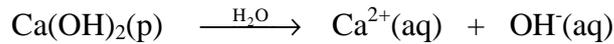
(b) Basa

Menurut Arrhenius, suatu zat disebut basa apabila zat tersebut menghasilkan ion hidroksida (OH^-) ketika dilarutkan dalam air. Contoh padatan NaOH dan padatan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam air akan terionisasi menurut persamaan,



atau





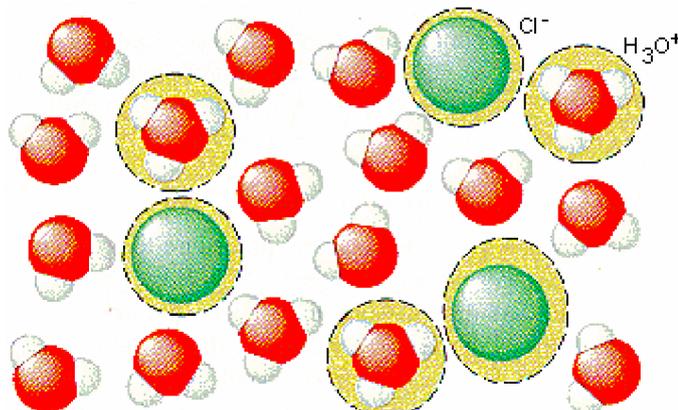
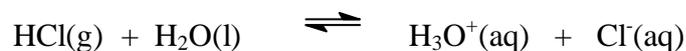
atau



(2) Asam basa menurut Bronsted dan Lowry

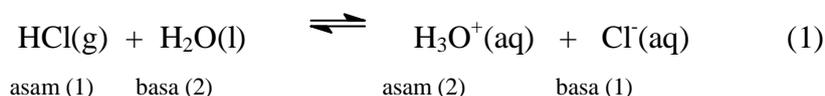
Teori asam basa menurut Arrhenius mempunyai beberapa keterbatasan, salah satu diantaranya adalah membahas gejala asam basa hanya dalam pelarut air, padahal banyak pula reaksi-reaksi yang dilakukan dalam pelarut bukan air (*non aqueous*).

Pendekatan yang lebih umum dikemukakan secara terpisah oleh J.N. Bronsted (ahli kimia Denmark) dan T.M. Lowry (ahli kimia Inggris) pada tahun 1923. Didefinisikan bahwa asam adalah zat yang dapat menyumbangkan proton (H^+) kepada zat lain, sedangkan basa didefinisikan sebagai zat yang dapat menerima proton (H^+) dari asam. Jadi menurut konsep ini, asam klorida (HCl) yang dilarutkan dalam air, HCl tersebut akan bereaksi dengan pelarutnya (H_2O) dengan melibatkan serah terima proton. Demikian perbedaan konsep Brosted-Lowry ini dengan konsep asam yang dikemukakan Arrhenius sebelumnya. Jadi HCl yang dilarutkan dalam air itu, HCl akan melepaskan H^+ terhadap molekul H_2O , sehingga menghasilkan ion hidronium (H_3O^+) dan ion klorida (Cl^-) sebagaimana ditunjukkan pada gambar-4 berikut.



Gambar-4 Keberadaan HCl(g) dalam Air
(Konsep Bronsted-Lowry)

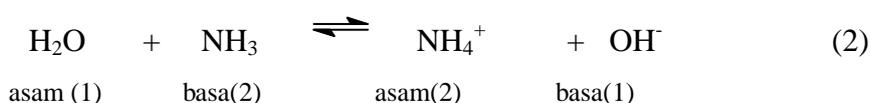
Secara singkat dapat dinyatakan bahwa suatu asam adalah penyumbang proton (*proton donor*), dan basa adalah penerima proton (*proton acceptor*). Pada contoh HCl di atas, kita akan lengkapi persamaan reaksinya menjadi,



HCl berperan sebagai donor proton, karena menyumbangkan H^+ terhadap molekul H_2O , sebaliknya H_2O berperan sebagai akseptor proton karena menerima H^+ dari HCl. Perpindahan proton juga akan berlangsung pada arah kebalikannya. H_3O^+ berperan sebagai donor proton terhadap Cl^- , dan Cl^- berperperan sebagai akseptor proton dari H_3O^+ .

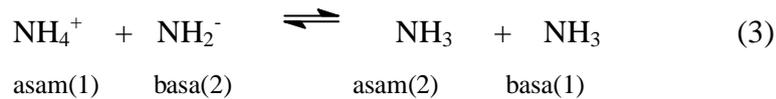
Dari peristiwa itu terdapat dua pasang molekul-ion yaitu HCl dan Cl^- serta H_3O^+ dan H_2O . Karena itu HCl disebut sebagai asam konjugat (*conjugate acid*) dari Cl^- , sedangkan Cl^- disebut basa konjugat (*conjugate base*) dari HCl. Pasangan HCl dan Cl^- masing-masing diberi tanda sebagai asam (1) dan basa (1). Demikian H_3O^+ disebut asam konjugat dari basa H_2O dan H_2O disebut basa konjugat dari H_3O^+ . Pasangan H_3O^+ dan H_2O masing-masing diberi tanda sebagai asam (2) dan basa (2).

Contoh lainnya adalah reaksi antara air dan amonia,



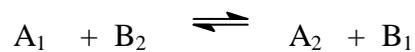
Pada persamaan (2), H_2O berperan sebagai donor proton, dan NH_3 sebagai akseptor proton. Pasangan asam-basa konjugat yang terbentuk adalah H_2O dan OH^- sebagai asam (1) dan basa (1), NH_4^+ dan NH_3 sebagai asam (2) dan basa (2).

Contoh lain adalah reaksi antar ion amonium (NH_4^+) dan ion amina (NH_2^-) menghasilkan molekul amonia (NH_3).



Pada persamaan (3) yang berperan sebagai donor proton adalah NH_4^+ dan akseptor proton adalah NH_2^- . Pasangan asam-basa konjugat yang terbentuk adalah NH_4^+ dan NH_3 sebagai asam (1) dan basa (1), sedangkan pasangan lainnya adalah NH_3 dan NH_2^- sebagai asam (2) dan basa (2).

Secara umum dinyatakan bahwa untuk reaksi



akan menghasilkan $\text{A}_1\text{-B}_1$ dan $\text{A}_2\text{-B}_2$ merupakan dua pasang konjugat asam basa.

Dengan memperhatikan persamaan (1) dan (2), H_2O dapat berperan sebagai basa maupun asam pada lingkungan berbeda. Zat yang memiliki peran seperti itu disebut bersifat *amfiprotik* atau *amfoter*.

Menurut teori Bronsted-Lowry, asam dapat berupa molekul netral, kation, dan anion, demikian pula basa dapat berupa molekul netral dan anion.

Contoh asam

- a. molekul netral : HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , CH_3COOH , H_3PO_4
- b. kation : NH_4^+ , H_3O^+
- c. anion : HSO_4^- , HPO_4^{2-}

Contoh basa :

- a. molekul netral ; NH_3 , H_2O
- b. anion : Cl^- , NO_3^- , NH_2^- , OH^-

c. Rangkuman 2

- Asam menurut Arrhenius adalah suatu zat yang menghasilkan ion hidrogen (H^+) dalam air
- Asam yang menghasilkan satu, dua, tiga, dan banyak ion hidrogen per molekulnya disebut asam monoprotik, diprotik, triprotik, dan poliprotik.
- Basa Arrhenius adalah suatu zat yang menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dalam air
- Asam Bronsted-Lowry adalah suatu zat yang menyumbangkan (donor) ion hidrogen terhadap zat lain, sedangkan basa adalah suatu zat yang menerima (akseptor) ion hidrogen dari asam
- Peristiwa pelepasan dan penerimaan ion hidrogen akan menghasilkan pasangan asam dan basa konjugat.
- Suatu zat yang dapat bersifat asam pada lingkungan tertentu dan menunjukkan sifat basa pada lingkungan lain disebut amfiprotik atau amfoter.
- Asam Bronsted-Lowry dapat berupa molekul netral, kation dan anion, sedangkan basa dapat berupa molekul netral dan anion.

d. Tugas 2

Tentukan pasangan asam-basa konjugat dari reaksi berikut :

- $H_3O^+(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons H_2O(l) + NH_4^+(aq)$
- $HCN(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CN^-(aq)$
- $H_2SO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq)$

e. Tes Formatif 2

1. Identifikasi asam-asam berikut ke dalam asam monoprotik, diprotik, dan triprotik
 - a. asam asetat,
 - b. asam formiat
 - c. asam oksalat
 - d. asam fosfat
 - e. asam kromat
2. Tuliskan reaksi ionisasi dari asam-asam berikut dalam air :
 - a. CH_3COOH
 - b. $HOCl$
 - c. $(HO)_2SO_2$

- d. $(\text{HO})\text{ClO}_2$
 - e. $(\text{HO})_3\text{PO}$
3. Tentukan asam konjugat dari ion-ion berikut :
- a. OH^-
 - b. HCO_3^-
 - c. NH_2^-
 - d. H_2O
 - e. N_3^-
4. Tuliskan persamaan reaksi asam basa Bronsted-Lowry dari pasangan ion berikut :
- a. H_3O^+ dan H_2O
 - b. H_2PO_4^- dan HCl
 - c. $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ dan NH_3
 - d. NH_4^+ dan S^{2-}
 - e. H_2O dan HSO_4^-

f. Kunci Jawaban Formatif 2

1. Kata kunci : Cari rumus kimianya dahulu tentukan jumlah hidrogen yang dapat terionisasi
2. Kata kunci : Tuliskan jumlah H^+ , tentukan ion sisa asamnya dan tiap spesi
3. Kata kunci : Tambahkan H^+ pada masing-masing ion/molekul tersebut (molekul atau ion) diberi lambang fasa (aq).
4. Kata kunci : Pilih dahulu mana yang akan melepas H^+ , lalu H^+ tersebut ditambahkan pada molekul/ion yang satu lagi

3. Kegiatan belajar 3

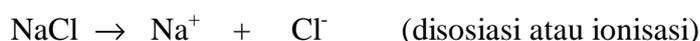
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 3

- Menjelaskan konsep kekuatan asam basa
- Menentukan kekuatan asam dan basa
- Berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kekuatan asam basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati

b. Uraian materi 3

Kekuatan Asam Dan Basa

Menurut penelitian Arrhenius menyatakan bahwa ketika asam, basa, dan garam dilarutkan dalam air, zat-zat tersebut memberikan efek dapat mengalirkan arus listrik. Teori yang ditemukannya dikenal dengan nama *teori disosiasi elektrolit* atau *ionisasi elektrolit*. Ingat bahwa istilah disosiasi cakupannya lebih umum dari pada ionisasi. Disosiasi menyatakan penguraian suatu zat yang menghasilkan molekul-molekul lebih kecil atau ion-ion, sedangkan ionisasi hasil penguraiannya khusus berupa ion-ion seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut :



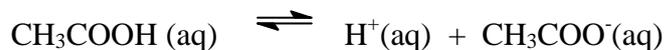
Prinsip-prinsip penting dari teori ionisasi elektrolit yaitu :

- (1) Asam, basa, garam disebut elektrolit karena larutannya dalam air atau dalam keadaan lelehan/cairan dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan zat-zat yang tidak dapat menghantarkan listrik disebut non elektrolit.
- (2) Jika asam, basa, dan garam dilarutkan dalam air maka molekul-molekulnya akan terurai menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan mempunyai muatan listrik yaitu yang disebut *ion*.
- (3) Molekul-molekul elektrolit bersifat elektronetral, sehingga hasil penguraiannya harus dihasilkan ion-ion positif dan negatif dengan jumlah muatan sama.
- (4) Jika arus listrik searah (DC = *direct current*) dialirkan melalui larutan suatu elektrolit, maka ion-ion positif akan menuju elektrode negatif

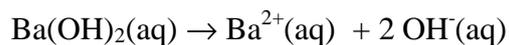
(katode), sedangkan ion-ion negatif menuju elektrode positif (anode). Karena itu ion positif disebut juga *kation* dan ion negatif disebut *anion*.

- (5) Jumlah muatan positif atau negatif dari kation dan anion sesuai dengan bilangan oksidasi dari atom atau gugusan atom dalam senyawanya. Misalnya kation H^+ (muatan positif atom H satu), Na^+ (muatan positif atom Na satu), Ca^{2+} (muatan positif atom Ca dua), Al^{3+} (muatan positif atom Al tiga), Fe^{3+} (muatan positif atom Fe tiga), NH_4^+ (muatan positif gugus atom NH_4 satu). Jadi kation-kation terdiri dari H^+ , NH_4^+ , dan ion-ion logam). Demikian anion-anion terdiri dari OH^- (muatan negatif gugus atom OH satu), dan ion-ion sisa asam (Cl^- asalnya dari HCl; SO_4^{2-} asalnya dari H_2SO_4 ; NO_3^- asalnya dari HNO_3).
- (6) Untuk menyatakan terionisasinya asam, basa, dan garam digunakan *persamaan ionisasi*.

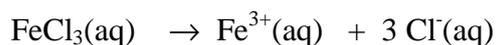
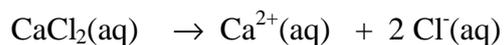
Persamaan ionisasi asam misalnya :



Persamaan ionisasi basa misalnya :



Persamaan ionisasi garam misalnya :



- (7) Ionisasi merupakan proses kesetimbangan, sehingga untuk menyatakan kemampuan / kekuatan penguraian asam, basa, dan garam menjadi ion-ionnya dinyatakan dengan *derajat ionisasi* (α) yang nilainya tergantung dari konsentrasi elektrolit dalam larutan. Dimana derajat ionisasi itu

menyatakan banyaknya (konsentrasi) zat yang terurai dibagi dengan konsentrasi zat mula-mula). Ionisasi sempurna dinyatakan dengan $\alpha = 1$, dan ionisasi kurang atau tidak sempurna dinyatakan dengan $0 < \alpha < 1$. Non elektrolit mempunyai harga $\alpha = 0$. Dalam persamaan ionisasi, zat yang terionisasi sempurna diberi tanda (\rightarrow), sedangkan zat yang terionisasi kurang sempurna diberi tanda (\rightleftharpoons).

- (8) Pada umumnya, garam akan terionisasi sempurna dalam air, sedangkan asam dan basa ada yang terionisasi sempurna dan ada yang terionisasi tidak sempurna.

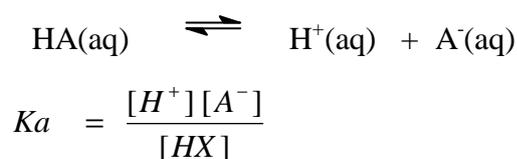
Asam yang terionisasi sempurna dalam air (mengurai 100% atau $\alpha = 1$) disebut *asam kuat*, sedangkan yang hanya terionisasi sebagian dalam air (mengurai $< 100\%$ atau $\alpha < 1$) disebut *asam lemah*. Basa hidroksida dari logam alkali dan alkali tanah yang larut dalam air merupakan basa kuat, sedangkan basa yang bukan hidroksida merupakan basa lemah.

Pada tabel di bawah ini diperlihatkan beberapa asam kuat dan basa kuat.

Tabel-1
Asam dan Basa Kuat

Senyawa	Nama	Rumus
Asam	Asam klorida	HCl
	Asam bromida	HBr
	Asam iodida	HI
	Asam nitrat	HNO ₃
	Asam perklorat	HClO ₄
	Asam sulfat	H ₂ SO ₄
Basa	Natrium hidroksida	NaOH
	kalium hidroksida	KOH
	Kalsium hidroksida	Ca(OH) ₂
	Barium hidroksida	Ba(OH) ₂

Reaksi ionisasi asam lemah dan basa lemah dituliskan sebagai suatu reaksi kesetimbangan, sehingga mempunyai tetapan kesetimbangan :



K_a disebut tetapan ionisasi asam, makin kecil harga K_a makin lemah asamnya. Untuk basa tetapan kesetimbangannya dinyatakan dengan K_b , yaitu tetapan ionisasi basa.

Pada tabel-2 dapat dilihat harga beberapa tetapan ionisasi beberapa asam dan basa lemah.

Tabel-2
Harga Tetapan Asam Lemah dan Basa Lemah pada 25 °C

Senyawa	Persamaan Ionisasi	K_a
Asam asetat	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	1.8×10^{-5}
Asam arsenat	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{AsO}_4^-$	$K_{a1} = 2.5 \times 10^{-4}$
	$\text{H}_2\text{AsO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HAsO}_4^{2-}$	$K_{a2} = 5.6 \times 10^{-8}$
	$\text{HAsO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{AsO}_4^{3-}$	$K_{a3} = 3.0 \times 10^{-13}$
Asam arsenit	$\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{AsO}_3^-$	$K_{a1} = 6.0 \times 10^{-10}$
	$\text{H}_2\text{AsO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HAsO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 3.0 \times 10^{-14}$
Asam benzoat	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-$	6.3×10^{-5}
Asam borat	$\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{BO}(\text{OH})_2^-$	$K_{a1} = 7.3 \times 10^{-10}$
	$\text{BO}(\text{OH})_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{BO}_2(\text{OH})^{2-}$	$K_{a2} = 1.8 \times 10^{-13}$
	$\text{BO}_2(\text{OH})^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{BO}_3^{3-}$	$K_{a3} = 1.6 \times 10^{-14}$
Asam butanoat	$\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2^-$	1.5×10^{-5}
Asam karbonat	$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$	$K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$
	$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 4.8 \times 10^{-11}$
Asam kloroasetat	$\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClCH}_2\text{CO}_2^-$	1.4×10^{-3}
Asam klorit	$\text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClO}_2^-$	1.1×10^{-2}
Asam sitrat	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{CO}_2\text{H})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_4\text{H}_5\text{O}_3(\text{CO}_2\text{H})_2^-$	$K_{a1} = 7.4 \times 10^{-3}$
	$\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_3(\text{CO}_2\text{H})_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_5\text{H}_5\text{O}_5(\text{CO}_2\text{H})^{2-}$	$K_{a2} = 1.7 \times 10^{-5}$
	$\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_5(\text{CO}_2\text{H})^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$	$K_{a3} = 7.4 \times 10^{-7}$
Asam sianat	$\text{HOCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OCN}^-$	3.5×10^{-4}
Asam format	$\text{HCO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_2^-$	1.8×10^{-4}
Asam hidrazoat	$\text{HN}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{N}_3^-$	1.9×10^{-5}
Asam sianida	$\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CN}^-$	4.0×10^{-10}
Asam fluorida	$\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{F}^-$	7.2×10^{-4}
Asam hidrogen kromat	$\text{HCrO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$	3.0×10^{-7}
Hidrogen peroksida	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}_2^-$	2.4×10^{-12}
Asam hidrogen selenat	$\text{HSeO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SeO}_4^{2-}$	1.2×10^{-2}
Asam sulfida	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HS}^-$	$K_{a1} = 1.1 \times 10^{-7}$
	$\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{S}^{2-}$	$K_{a2} = 1.0 \times 10^{-14}$
Asam hipobromit	$\text{HBrO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{BrO}^-$	2.5×10^{-9}
Asam hiklorit	$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClO}^-$	3.5×10^{-8}
Asam hipiodit	$\text{HIO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{IO}^-$	2.3×10^{-11}
Asam iodat	$\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{IO}_3^-$	1.7×10^{-1}

Senyawa	Persamaan Ionisasi	K _a
Asam nitrit	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_2^-$	4.5×10^{-4}
Asam oksalat	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$	$K_{a1} = 5.9 \times 10^{-2}$
	$\text{HC}_2\text{O}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$K_{a2} = 6.4 \times 10^{-5}$
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	1.3×10^{-10}
Asam fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$K_{a1} = 7.5 \times 10^{-3}$
	$\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$
	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$K_{a3} = 3.6 \times 10^{-13}$
Asam fosfit	$\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{PO}_3^-$	$K_{a1} = 1.6 \times 10^{-2}$
	$\text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HPO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 7.0 \times 10^{-7}$
Asam propanoat	$\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2^-$	1.3×10^{-5}
Asam selenit	$\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSeO}_3^-$	$K_{a1} = 2.7 \times 10^{-3}$
	$\text{HSeO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SeO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 2.5 \times 10^{-7}$
Asam hidrogen sulfat	$\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	1.2×10^{-2}
Asam sulfit	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_3^-$	$K_{a1} = 1.2 \times 10^{-2}$
	$\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$
Asam telurit	$\text{H}_2\text{TeO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HTeO}_3^-$	$K_{a1} = 2 \times 10^{-3}$
	$\text{HTeO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{TeO}_3^{2-}$	$K_{a2} = 1 \times 10^{-8}$

Basa	Persamaan Ionisasi	K _b
Amonia	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	1.8×10^{-5}
Anilin	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	4.2×10^{-10}
Dimetilamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+ + \text{OH}^-$	7.4×10^{-4}
Etilamin	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	6.4×10^{-4}
Etilendiamin	$(\text{CH}_2)_2(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_2)_2(\text{NH}_2)_2\text{H}^+ + \text{OH}^-$	$K_{b1} = 8.5 \times 10^{-5}$
	$(\text{CH}_2)_2(\text{NH}_2)_2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_2)_2(\text{NH}_2)_2\text{H}_2^{2+} + \text{OH}^-$	$K_{b2} = 2.7 \times 10^{-8}$
Hidrazin	$\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{OH}^-$	$K_{b1} = 8.5 \times 10^{-7}$
	$\text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_6^{2+} + \text{OH}^-$	$K_{b2} = 8.9 \times 10^{-16}$
Hidroksilamin	$\text{HONH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HONH}_3^+ + \text{OH}^-$	6.6×10^{-9}
Metilamin	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	5.0×10^{-4}
Piridin	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	1.5×10^{-9}
Trimetilamin	$(\text{CH}_3)_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_3)_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	7.4×10^{-5}

Dengan menggunakan harga K_a dimungkinkan menghitung konsentrasi ion H⁺(aq) dalam larutan. Demikian pula konsentrasi ion OH⁻(aq) dalam larutan basa lemah dapat dihitung dengan menggunakan harga K_b.

Jika kita telaah larutan a mol asam HA dalam 1 liter larutan dengan derajat ionisasi HA sama dengan α, maka setelah kesetimbangan berlangsung komposisi HA, H⁺ dan A⁻ adalah :



$$\begin{array}{lll} \text{Jumlah mol :} & (a - a\alpha) \text{ mol} & a\alpha \text{ mol} & a\alpha \text{ mol} \\ \text{Konsentrasi :} & \frac{(a - a\alpha)}{V} & \frac{a\alpha}{V} & \frac{a\alpha}{V} \end{array}$$

sehingga

$$K_{HA} = K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HX]} = \frac{\left(\frac{a\alpha}{V}\right)^2}{\frac{a - a\alpha}{V}} = \frac{a\alpha^2}{V(1 - \alpha)}$$

$$K_a \times V = \frac{a\alpha^2}{1 - \alpha}$$

Untuk larutan dengan volume 1 liter, maka :

$$K_a = \frac{a\alpha^2}{1 - \alpha} = \text{tetap}$$

Untuk mempermudah perhitungan, $(1 - \alpha)$ boleh dianggap 1 asalkan $\alpha \leq 5\%$,

sehingga

$K_a = a\alpha^2$ dimana $a = [\text{ASAM}]$ mula-mula, maka

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{[\text{ASAM}]}}$$

Untuk elektrolit lemah dengan $\alpha < 1$, maka harga K_a akan mempunyai nilai tertentu dan tetap. Sedangkan untuk elektrolit kuat dengan $\alpha = 1$, akan diperoleh harga K_a yaitu :

$$K_a = \frac{a\alpha^2}{1 - 1} = \frac{a\alpha^2}{0} = \text{tak hingga}$$

Oleh karena itu harga K_a untuk elektrolit kuat kurang mempunyai arti karena tidak dapat membedakan elektrolit-elektrolit kuat. Hanya elektrolit-elektrolit lemah yang mempunyai harga K_a yang tertentu dan tetap yang nilainya ditunjukkan pada Tabel-2.

Sebagai konsekuensi dari rumusan :

$$K_{HA} = K_a = \frac{a\alpha^2}{1-\alpha} = \text{tetap, maka apabila}$$

$$\alpha = \text{makin kecil}$$

$$\frac{a\alpha^2}{1-\alpha} = \text{makin kecil}$$

$$K_{HA} = K_a = \text{makin kecil}$$

Demikian K_a suatu asam dapat dipakai sebagai ukuran dalam menentukan kekuatan asam tersebut. Karena K_a asam kloroasetat $>$ K_a asam asetat maka asam kloroasetat lebih kuat daripada asam asetat (lihat tabel-2).

Demikian juga dari rumusan

$$K_a \times V = \frac{a\alpha^2}{1-\alpha} \text{ akan memberikan konsekuensi, jika}$$

larutan diencerkan (konsentrasi diperkecil), maka

$$V = \text{makin besar}$$

$$K_a \times V = \text{makin besar}$$

$$\frac{a\alpha^2}{1-\alpha} = \text{makin besar}$$

$$1 - \alpha = \text{makin kecil}$$

$$\alpha = \text{makin besar}$$

Pada pengenceran asam lemah (elektrolit lemah) berlaku *hukum pengenceran Ostwald* yang disimpulkan sebagai berikut : Derajat ionisasi elektrolit lemah dalam air akan makin besar jika konsentrasi elektrolit lemah diperkecil.

Contoh perhitungan derajat ionisasi (α) asam lemah

Hitung derajat ionisasi asam asetat, CH_3COOH 1M dan 0,1 M jika $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$

Penyelesaian

Harga K_a dalam tabel merupakan tetapan asam pada kondisi standar ($t = 25^\circ\text{C}$ dan konsentarsi 1 M)

Untuk CH_3COOH 1M

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{[ASAM]}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,8 \times 10^{-5}}{1}} = 4,24 \times 10^{-3} = 0,00424$$

Untuk CH_3COOH 0,1 M

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{[ASAM]}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,8 \times 10^{-5}}{0,1}} = 13,4 \times 10^{-3} = 0,0134 =$$

c. Rangkuman 3

- Suatu elektrolit (asam, basa, garam) akan terionisasi dalam air menjadi ion-ionnya membentuk ion positif disebut kation dan ion negatif disebut anion. Peristiwa ionisasi diungkapkan dengan persamaan ionisasi.
- Hantaran listrik pada larutan asam, basa, dan garam dalam air dihantarkan oleh ion-ionnya.
- Jumlah muatan positif atau negatif dari kation dan anion sesuai dengan bilangan oksidasi dari atom atau gugusan atom dalam senyawanya.
- Kekuatan elektrolit (asam, basa, dan garam) ditentukan oleh derajat ionisasi (α). Derajat ionisasi menyatakan banyaknya zat yang terurai terhadap banyaknya zat itu mula-mula.
- Asam dan basa kuat adalah asam dan basa yang terionisasi sempurna dalam air dan diberi harga $\alpha = 1$.
- Asam dan basa lemah adalah asam dan basa yang terionisasi tidak sempurna dalam air dan diberi harga $0 < \alpha < 1$. Zat yang tidak terionisasi dalam air (non elektrolit) memiliki harga $\alpha = 0$.
- Kekuatan asam dan basa lemah ditentukan oleh harga tetapan asam (K_a) dan tetapan basa (K_b). Keterkaitan harga K_a atau K_b dengan derajat ionisasi (α)

dinyatakan dengan rumus : $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{[ASAM]}}$ atau $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{[BASA]}}$

- Derajat ionisasi asam / basa lemah dalam air akan makin besar jika konsentrasinya diperkecil (hukum penengnceran Ostwald).

d. Tugas 3

1. Tentukan kekuatan asam dan basa berikut berdasarkan daya hantar listriknya. HCl 0,1 M, H₂SO₄ 0,1 M, CH₃COOH 0,1 M, NaOH 0,1 M, NH₄OH 0,1 M, air kapur, air sabun, air jeruk, air hujan, air soda, aquades, alkohol, minyak tanah, air gula, dan minyak kelapa (Lihat lembar kerja 3)
2. Tentukan hubungan massa jenis dengan daya hantar listriknya dari H₂SO₄ 0,125M; 0,25 M, 0,5 M, 1 M, 2 M, 4 M, 6 M ! (lihat lembar kerja)

e. Tes Formatif 3

1. Tuliskan pernyataan K_a atau K_b untuk asam dan basa berikut :
 - a. H₂PO₄⁻
 - b. NH₃ dalam air
 - c. H₃BO₃
 - d. H₂C₂O₄
 - e. HCrO₄⁻
2. Hitung tetapan asam (K_a) atau tetapan basa (K_b) dari asam dan basa berikut :

	Asam / Basa	Konsentrasi molar (M)	Derajat ionisasi
a	NH ₄ OH	0,02	3%
b	HAsO ₂	0,10	0,0055%
c	CH ₃ COOH	0,10	1,34%
d	HCN	0,3	0,0037%

3. Gunakan Tabel-2, untuk mentukan derajat ionisasi dalam % dari B(OH)₃ 0,01M; 0,1M, dan 0,5M; B(OH)₂O⁻ 0,01 M; 0,1 M dan 0,5 M. Berikan kesimpulan dari perhitungan yang sudah anda lakukan !

f. Kunci Jawaban Formatif 3

1. kata kunci : pembilang merupakan hasil perkalian dari konsentrasi spesi (molekul/ion) hasil reaksi masing-masing dipangkat dengan koefisiennya, dan penyebut menyatakan konsentrasi zat yang terionisasi dipangkatkan koefisiennya
2.
 - a. $1,8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
 - b. $6,1 \times 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$
 - c. $1,82 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
 - d. $4,11 \times 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$
3.

B(OH) ₃	0,01 M	:	2,70%
B(OH) ₃	0,1 M	:	0,085%

$B(OH)_3$ 0,5 M : 0,0076%

$B(OH)_2O^-$ 0,01 M : 0,042%

$B(OH)_2O^-$ 0,1 M : 0,00134%

$B(OH)_2O^-$ 0,5 M : 0,00012%

Kesimpulan (lihat hukum pengenceran Ostwald)

g. Lembar kerja 3

Percobaan 1

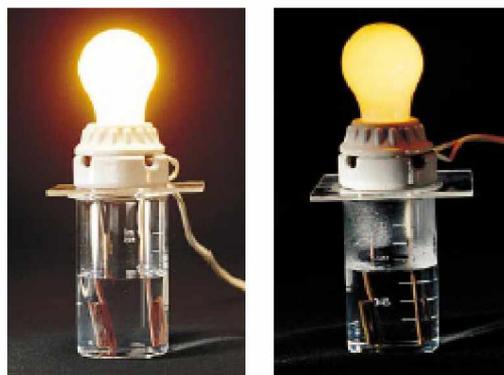
Tujuan : Menentukan kekuatan asam dan basa berdasarkan hantaran listriknya

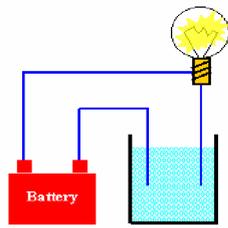
Cara kerja :

4. Siapkan alat pengukur hantaran listrik (*electrolyte tester*)
5. Siapkan gelas kimia 100 mL dan isilah kira-kira setengahnya dengan larutan HCl 0,1 M, H_2SO_4 0,1 M, CH_3COOH 0,1 M, NaOH 0,1 M, NH_4OH 0,1 M, air kapur, air sabun, air jeruk, air hujan, air soda, aquades, alkohol, minyak tanah, dan air gula
6. Uji daya hantar masing-masing larutan dengan mengamati intensitas nyala lampu seperti gambar berikut :

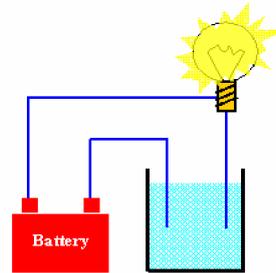
Perhatian :

- Setiap pengujian dari satu larutan ke larutan lain batang karbon harus dibilas dahulu dengan aquades dan keringkan dengan kertas tisu
- Gunakan sumber listrik DC atau gunakan Power Supply jika memakai AC

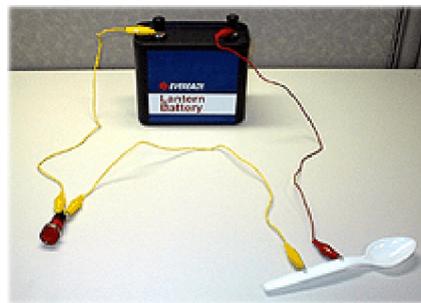
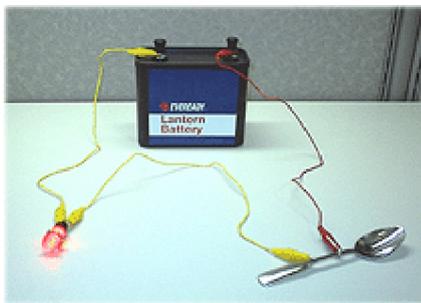




nyala redup

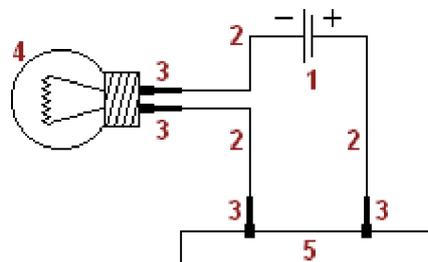


nyala terang



Ganti sendok dengan larutan
Ganti penjepit buaya dengan batang karbon dari baterei bekas

Komponen elektrolit tester



1. Baterei 12 volt
2. Kabel
3. Batang karbon
4. Bola lampu
5. Bahan yang diuji (larutan)

7. Catat data pada tabel berikut :

Berikan tanda (V) pada kolom nyala lampu !

No.	Larutan yang diuji	Nyala lampu		
		tidak nyala	redup	terang
1	HCl 0,1 M			
2	H ₂ SO ₄ 0,1 M			
3	CH ₃ COOH 0,1 M			
4	NaOH 0,1 M			
5	NH ₄ OH 0,1 M			
6	Air kapur			
7	Air sabun			
8	Air jeruk			
9	Air hujan			
10	Air soda			
11	Aquades			
12	Alkohol			
13	Minyak tanah			
14	Air gula			
15	Minyak kelapa			

8. Kelompokkan data yang anda peroleh, dan rumuskan kesimpulan dari percobaan tersebut !

Percobaan 2

Tujuan : Menentukan derajat ionisasi asam berdasarkan hantaran listriknya

Cara kerja :

1. Siapkan alat pengukur hantaran listrik (*electrolyte tester*), hydrometer (pengukur massa jenis zat cair). Pilih hydrometer pengukur massa jenis ≥ 1 . Siapkan juga konduktometer (pengukur hantaran listrik).

2. Siapkan gelas kimia 100 mL dan isilah kira-kira setengahnya dengan larutan H_2SO_4 0,125M; 0,25 M, 0,5 M, 1 M, 2 M, 4 M, 6 M. Ukur masing-masing massa jenisnya dengan Hydrometer.
3. Uji daya hantar masing-masing larutan dengan mengamati intensitas nyala lampu seperti pada percobaan 1. Ulangi percobaan dengan menggunakan konduktometer (Ammeter)
4. Catat data pada tabel berikut :

No.	Larutan yang diuji	Mass jenis larutan yang diuji (g cm^{-3})	Nyala lampu	Hantaran listrik (ohm^{-1})
1	H_2SO_4 0,125 M			
2	H_2SO_4 0,25 M			
	H_2SO_4 0,5 M			
4	H_2SO_4 1,0 M			
5	H_2SO_4 2,0 M			
6	H_2SO_4 4,0 M			
7	H_2SO_4 6,0 M			

5. Buat grafik hubungan konsentarsi dan daya hantar listrik !
6. Buat grafik hubungan massa jenis dan daya hantar !
7. Buat hubungan antara konsentrasi, massa jenis dan kuat nyala lampu !
8. Buat kesimpulan berdasarkan data yang dapat mengungkap derajat ionisasi !

9. Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 4

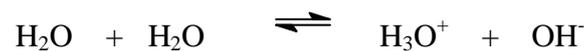
Siswa diharapkan dapat :

- Menghitung pH larutan asam/basa kuat dan asam/basa lemah
- Menentukan harga pH dengan indikator/pH meter
- Cermat dalam menghitung pH, dan hati-hati dalam mengamati penentuan nilai pH

b. Uraian materi 4

Ionisasi Air Dan Derajat Keasaman (pH)

Air murni merupakan elektrolit yang sangat lemah, dan akan terionisasi sebagai berikut :



Secara sederhana dapat ditulis,



Tetapan kesetimbangannya dapat ditulis,

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

Karena konsentrasi molar H_2O dapat dianggap tetap (55,5 mol/L), maka harga H_2O dapat disatukan dengan harga K

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

$$K(55,5) = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

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

K_w disebut tetapan ionisasi air. Berdasarkan eksperimen ditemukan bahwa harga K_w pada suhu 25°C adalah $1,0 \times 10^{-14}$.

Konsentrasi ion H^+ dalam larutan menunjukkan keasaman larutan tersebut. Karena konsentrasi ion H^+ dalam larutan encer dinyatakan dalam angka

berpangkat negatif (relatif sederhana), maka untuk menyatakan derajat keasaman digunakan istilah pH.

pH diperkenalkan oleh Sorensen pada tahun 1909. Huruf p berasal dari istilah *potentz* atau *power* yang berarti derajat. Jadi pH mempunyai arti derajat kandungan ion hidrogen atau derajat keasaman. Hubungan $[H^+]$ dengan pH dinyatakan dengan,

$$pH = -\log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

atau

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

Pengertian p diperluas mencakup

$$pOH = -\log [OH^-] = \log \frac{1}{[OH^-]}$$

atau

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

dan

$$pK_w = -\log K_w$$

Karena dalam semua larutan yang pelarutnya air pada 25 °C memiliki harga $[H^+][OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$, maka

$$-\log [H^+] - \log [OH^-] = -\log (1,0 \times 10^{-14})$$

$$pH + pOH = 14,00$$

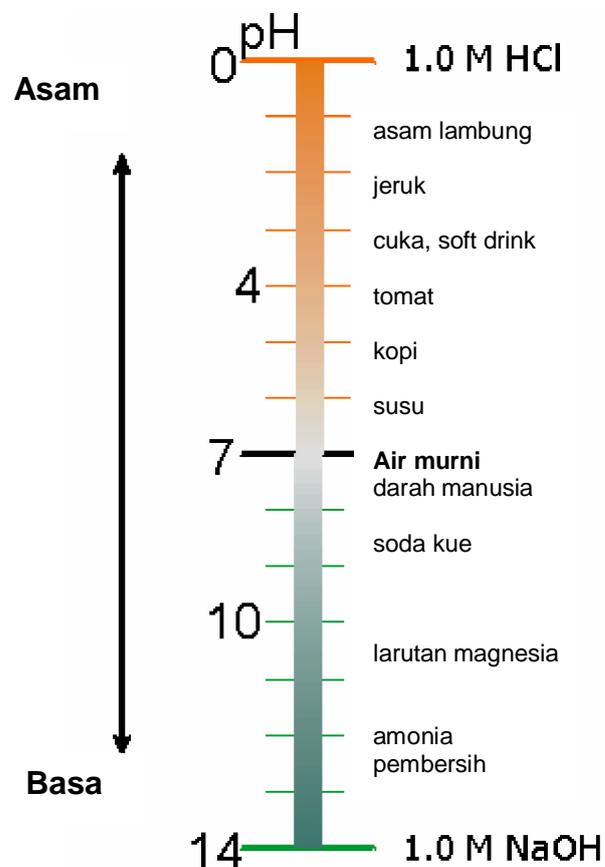
Hubungan $[H^+]$, $[OH^-]$, pH dan pOH dari larutan pada suhu 25 °C dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel-3
Hubungan $[H^+]$, $[OH^-]$, pH dan pOH

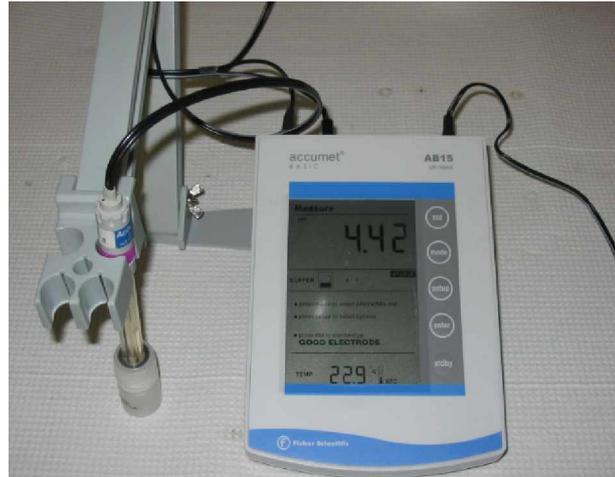
Sifat Larutan	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH
Asam	$> (1,0 \times 10^{-7})$	$< (1,0 \times 10^{-7})$	$< 7,00$	$> 7,00$
Netral	$1,0 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-7}$	7,00	7,00
Basa	$< (1,0 \times 10^{-7})$	$> (1,0 \times 10^{-7})$	$> 7,00$	$< 7,00$

Pada gambar 1 dapat dilihat skala dan nilai pH dari beberapa bahan yang umum dijumpai.

Di laboratorium pH ditentukan dengan menggunakan alat yang diebut pH-meter. Selain pH-meter, harga pH suatu larutan dapat pula ditentukan dengan menggunakan *indikator universal*. Gambar-2 menunjukkan salah satu bentuk dari pH-meter, sedangkan Gambar-3 menunjukkan contoh indikator universal berikut warna pada setiap nilai pH.



Gambar-1 Skala dan Nilai pH Beberapa Bahan



Gambar-2 pH-meter



Kotak dan nilai
pH kertas
indikator
universal

pH	≤ pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9	pH 10	pH 11
warna indikator universal	merah	jingga	kuning	hijau	biru/hijau	biru	indigo/nila	violet/ungu
	asam kuat	asam lemah	netral	basa lemah	basa kuat			

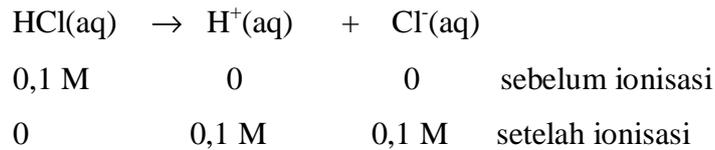
Gambar-3 Indikator universal dan warna pada setiap nilai pH

Contoh perhitungan pH asam kuat :

Hitunglah pH larutan HCl 0, 1M

Penyelesaian

HCl merupakan asam kuat, maka akan terionisasi 100%. Untuk 0,1 M HCl terionisasi menghasilkan 0,1 M $[H^+]$ dan 0,1 M $[Cl^-]$



$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ &= -\log (10^{-1}) \\ &= 1 \end{aligned}$$

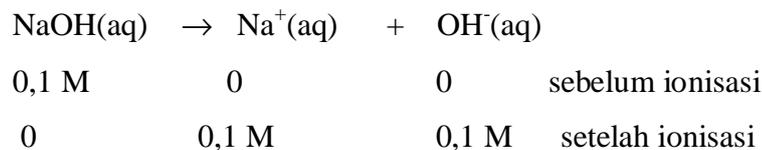
Jadi pH larutan HCl 0,1 M adalah 1

Contoh perhitungan pH basa kuat :

Hitunglah pH larutan NaOH 0,1 M

Penyelesaian

NaOH merupakan basa kuat, maka akan terionisasi 100%. Untuk 0,1 M NaOH terionisasi menghasilkan 0,1 M $[\text{Na}^+]$ dan 0,1 M $[\text{OH}^-]$



$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\ &= -\log (10^{-1}) \\ &= 1 \end{aligned}$$

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

Jadi pH larutan NaOH 0,1 M adalah 13

Asam lemah adalah asam yang terionisasi sebagian (< 100%) menjadi ion-ionnya, dan persamaan ionisasinya berada dalam kesetimbangan. Ionisasi asam lemah HA dapat dinyatakan dengan,



Tetapan keasaman dari asam lemah HA tersebut dinyatakan sebagai berikut :

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

[HA] yang berada dalam kesetimbangan kita nyatakan $[HA]_{eq}$ atau [Asam], yaitu [HA] mula-mula dikurangi [HA] yang mengurai. [HA] yang mengurai akan sama dengan $[H^+]$ atau $[A^-]$ yang terbentuk (untuk kasus lain perhatikan koefisien reaksinya). Demikian pada kesetimbangan tersebut $[H^+] = [A^-]$, sehingga rumusan tetapan kesetimbangan (K_a) akan menjadi,

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+][H^+]}{[HA]_{eq}} = \frac{[H^+]^2}{[Asam]},$$

maka $[H^+]^2 = K_a [Asam]$

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

Jadi pH untuk asam lemah dinyatakan dengan,

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log (\sqrt{K_a [Asam]}) \end{aligned}$$

Basa lemah adalah asam yang terionisasi sebagian (< 100%) menjadi ion-ionnya, dan persamaan ionisasinya berada dalam kesetimbangan. Ionisasi basa lemah MOH dapat dinyatakan dengan,



Tetapan kebasaaan dari basa lemah MOH tersebut dinyatakan sebagai berikut :

$$K_b = \frac{[M^+][OH^-]}{[MOH]}$$

[MOH] yang berada dalam kesetimbangan kita nyatakan $[MOH]_{eq}$ atau [Basa], yaitu [MOH] mula-mula dikurangi [MOH] yang mengurai. [MOH] yang mengurai akan sama dengan $[M^+]$ atau $[OH^-]$ yang terbentuk (untuk kasus lain perhatikan koefisien reaksinya). Demikian pada kesetimbangan tersebut $[M^+] = [OH^-]$, sehingga rumusan tetapan kesetimbangan (K_b) akan menjadi,

$$K_b = \frac{[M^+][OH^-]}{[MOH]} = \frac{[OH^-][OH^-]}{[MOH]_{eq}} = \frac{[OH^-]^2}{[Basa]},$$

maka $[OH^-]^2 = K_b [Basa]$

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

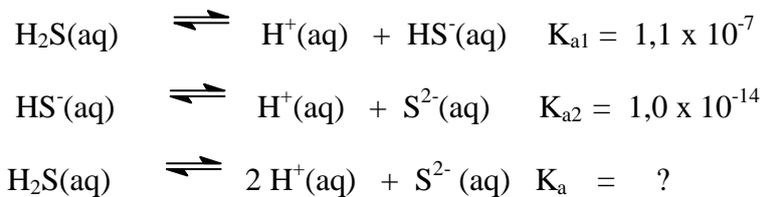
Jadi pOH untuk basa lemah dinyatakan dengan,

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log [OH^-] \\ &= -\log (\sqrt{K_b [Basa]}) \end{aligned}$$

dan harga $\text{pH} = \text{pK}_w - \text{pOH}$ atau

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

Untuk asam lemah poliprotik khususnya diprotik seperti H_2S akan memiliki dua harga tetapan keasaman yaitu K_{a1} dan K_{a2} dan tetapan keasaman total K_a dengan reaksi kesetimbangan yaitu :



Kesetimbangan pertama dinyatakan,

$$K_{a1} = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}$$

dan kesetimbangan kedua dinyatakan,

$$K_{a2} = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

Adapun tetapan kesetimbangan total adalah,

$$K_a = \frac{[H^+]^2 [S^{2-}]}{[H_2S]}$$

Demikian harga tetapan kesetimbangan total dapat dinyatakan dengan,

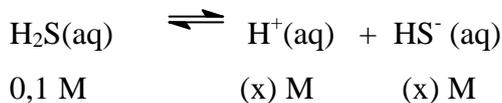
$$\begin{aligned} K_a &= \frac{[H^+]^2 [S^{2-}]}{[H_2S]} = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} \times \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]} \\ &= K_{a1} \times K_{a2} \\ &= (1,1 \times 10^{-7})(1,0 \times 10^{-14}) \\ &= 1,1 \times 10^{-21} \end{aligned}$$

Sekalipun harga K_a rasional sekali dapat diturunkan dari perkalian K_{a1} dan K_{a2} , tetapi dalam menghitung pH asam poliprotik khususnya H_2S harga K_a tidak dapat dipakai. Karena $[H^+]$ paling banyak berasal dari K_{a1} (bandingkan harga K_{a1} dengan K_{a2} dan K_a). Jadi perhitungan pH asam poliprotik harga tetapan keasaman yang digunakan adalah K_{a1} , sehingga pernyataan pH dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log (\sqrt{K_{a1} [\text{Asam}]}) \end{aligned}$$

Untuk memberikan gambaran bahwa K_a asam polipropitk tidak dapat digunakan untuk menghitung pH dapat diperhatikan contoh berikut yang akan mengungkapkan harga $[H^+]$, $[HS^-]$, $[S^{2-}]$, dan $[H_2S]$ dalam larutan H_2S 0,10 M.

Dari kesetimbangan,

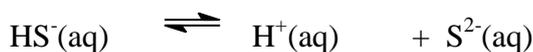


$$\frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} = 1,1 \times 10^{-7}$$

$$\frac{x^2}{0,10} = 1,1 \times 10^{-7}$$

$$x = [H^+] = [HS^-] = 1,0 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Konsentrasi-konsentrasi tersebut digunakan juga dalam ionisasi ke dua :



$$1,0 \times 10^{-4} \text{ M} \quad 1,0 \times 10^{-4} \text{ M} \quad ?$$

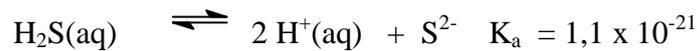
$$\frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]} = 1,0 \times 10^{-14}$$

$$\frac{(1,0 \times 10^{-4}) [S^{2-}]}{(1,0 \times 10^{-4})} = 1,0 \times 10^{-14} \text{ M}$$

$$[S^{2-}] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ M}$$

Sebenarnya jumlah $[H^+]$ yang dihasilkan dari ionisasi H_2S berasal dari ionisasi pertama dan kedua, tetapi $[H^+]$ dari ionisasi kedua jauh lebih kecil dari $[H^+]$ ionisasi pertama, sehingga $[H^+]$ yang diperhitungkan hanya dari K_{a1} . Sebaliknya $[S^{2-}]$ hanya dihasilkan dari ionisasi kedua dan harganya sama dengan K_{a2} .

Demikian harga K_a dari persamaan,



tidak dapat dipakai untuk menghitung pH.

Pada 25 °C larutan jenuh H_2S memiliki konsentrasi 0,10 M. Karena itu,

$$\frac{[H^+]^2 [S^{2-}]}{(0,10)} = 1,1 \times 10^{-21}$$

$$[H^+]^2 [S^{2-}] = 1,1 \times 10^{-22}$$

Pada contoh ini harga K_a hanya digunakan untuk menentukan konsentrasi ion sulfida, $[S^{2-}]$ dari suatu larutan yang pH nya telah diketahui dan larutan tersebut dijenuhkan dengan H_2S .

Misalnya larutan HCl encer dengan pH =3 dijenuhkan dengan H_2S . Maka

$$[H^+] = 1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{Karena itu} \quad [H^+]^2 [S^{2-}] = 1,1 \times 10^{-22}$$

$$(1,0 \times 10^{-3})^2 [S^{2-}] = 1,1 \times 10^{-22}$$

$$[S^{2-}] = 1,1 \times 10^{-16} \text{ M}$$

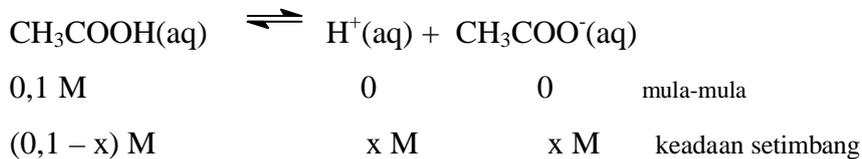
Sedangkan di dalam larutan jenuh H₂S murni,

$$[S^{2-}] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ M}$$

Contoh perhitungan pH dan derajat ionisasi asam lemah

Tentukan derajat ionisasi asam asetat (CH₃COOH) 0,1 M jika harga K_a = 1,8 x 10⁻⁵ ! Hitung juga pH larutan asam asetat tersebut !

Penyelesaian



$$[CH_3COOH]_{eq} = [CH_3COOH]_{awal} - x = 0,1 - x$$

pada kesetimbangan,

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 1,8 \times 10^{-5} \\ &= \frac{(x)(x)}{(0,1-x)} = \frac{x^2}{0,1-x} = 1,8 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Untuk memudahkan perhitungan, karena harga x jauh lebih kecil dari 0,1, sehingga (0,1 - x) dianggap 0,1. maka persamaan menjadi

$$x^2 = (0,1)(1,8 \times 10^{-5}) = 1,8 \times 10^{-6}$$

$$x = \sqrt{1,8 \times 10^{-6}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

Jadi derajat ionisasi asam asetat tersebut adalah :

$$\frac{[CH_3COOH]_{terionisasi}}{[CH_3COOH]_{awal}} \times 100 = \frac{[H^+]}{[CH_3COOH]_{awal}} = \frac{1,3 \times 10^{-3}}{0,1} \times 100 = 1,3\%$$

Cara lain menghitung derajat ionisasi (α) untuk CH₃COOH 0,1 M dapat dilihat pembahasan sebelumnya. Ingat bahwa **x = a α**.

Harga pH dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
[H^+] &= \sqrt{K_a [\text{Asam}]} = \sqrt{K_a [\text{CH}_3\text{COOH}]} \\
&= \sqrt{1,8 \times 10^{-5} (0,1)} \\
&= \sqrt{1,8 \times 10^{-6}} \\
&= (1,8 \times 10^{-6})^{1/2} \\
&= 1,342 \times 10^{-3}
\end{aligned}$$

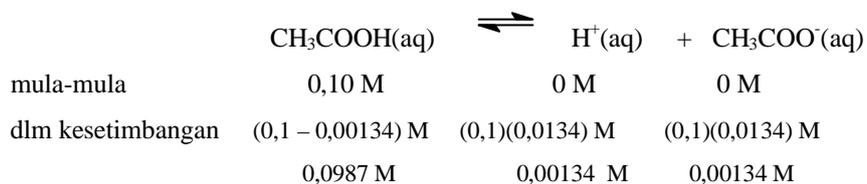
$$\begin{aligned}
\text{pH} &= -\log [H^+] \\
&= -\log (1,342 \times 10^{-3}) \\
&= -\log 10^{-3} - \log 1,342 \\
&= 3 - 0,128 \\
&= 2,872
\end{aligned}$$

Jadi pH larutan asam asetat 0,1 M adalah 2,872

Contoh perhitungan K_a dari derajat ionisasi (α)

Pada 25 °C larutan 0,10 M asam asetat (CH_3COOH) memiliki derajat ionisasi 1,34%. Tentukan K_a asam asetat tersebut !

Penyelesaian



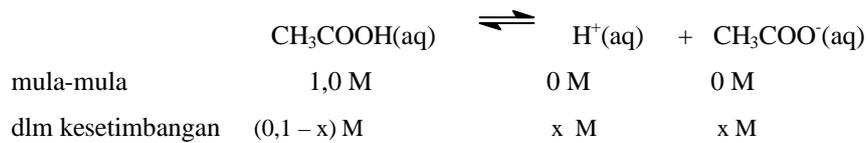
$$\begin{aligned}
K_a &= \frac{[H^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \\
&= \frac{(0,00134)(0,00134)}{(0,0987)} = 1,8 \times 10^{-5}
\end{aligned}$$

Contoh perhitungan spesi (molekul / ion) asam lemah

Berapa konsentrasi semua spesi dari asam asetat 1,0 M pada 25 °C ? $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$

Penyelesaian :

Spesi asam asetat terdiri dari CH_3COOH , H^+ , dan CH_3COO^-



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$= \frac{(x)(x)}{(1 - x)} = 1,8 \times 10^{-5}$$

$$x^2 + (1,8 \times 10^{-5})x - 1,8 \times 10^{-5} = 0$$

Persamaan ini mempunyai bentuk seperti :

$$a x^2 + b x + c = 0$$

yang disebut persamaan kuadrat, dimana penyelesaian persamaan kuadrat tersebut adalah :

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Pada persamaan $x^2 + (1,8 \times 10^{-5})x - 1,8 \times 10^{-5} = 0$

$a = 1$, $b = 1,8 \times 10^{-5}$, dan $c = - 1,8 \times 10^{-5}$

Dengan memasukkannya ke dalam rumus abc, akan didapat

$$x = 4,2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Karena itu

$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 4,2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = (1,0 - x) \text{ M}$$

$$= (1,0 - 0,0042) \text{ M}$$

$$= 0,9958 \text{ M} \text{ harga ini hampir sama dengan}$$

konsentrasi awal yaitu 1,0 M

Contoh perhitungan pH asam poliprotik

Tentukan pH asam oksalat $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,1 M jika $K_{a1} = 5,9 \times 10^{-2}$ dan $K_{a2} = 6,4 \times 10^{-5}$

Penyelesaian

Tetapan keasaman yang digunakan adalah K_{a1} , oleh karena itu

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log \sqrt{K_{a1} [\text{Asam}]} \\ &= -\log \sqrt{(5,9 \times 10^{-2}) (0,1)} \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

c. Rangkuman 4

- Air terionisasi menjadi ion H^+ dan OH^- , dengan memiliki tetapan kesetimbangan atau tetapan ionisasi yaitu $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$
- Pada suhu 25°C $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$
- Derajat keasaman suatu larutan dinyatakan dengan pH yang dirumuskan dengan persamaan $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
- $\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w = 14$
- Derajat kesamaan asam lemah dinyatakan dengan
$$\text{pH} = -\log (\sqrt{K_a [\text{Asam}]})$$
- Derajat kebasaan basa lemah dinyatakan dengan
$$\text{pOH} = -\log (\sqrt{K_b [\text{Basa}]})$$
- Derajat keasaman asam poliprotik dinyatakan dengan
$$\text{pH} = -\log (\sqrt{K_{a1} [\text{Asam}]})$$
- Harga pH suatu larutan dapat diukur dengan menggunakan pH meter atau indikator universal.
- Larutan bersifat asam memiliki $\text{pH} < 7$
- Larutan bersifat basa memiliki $\text{pH} > 7$
- Larutan bersifat netral memiliki $\text{pH} = 7$

d. Tugas 4

1. Uji pH larutan-larutan berikut dengan pH meter atau indikator universal, dan bandingkan dengan hasil perhitungannya !
HCl 0,01 M dan 0,2 M
CH₃COOH 0,01 M dan 0,02 M
NaOH 0,01 M dan NaOH 0,02 M
Ca(OH)₂ 0,01 M dan Ca(OH)₂ 0,05 M
2. Tentukan secara eksperimen K_a asam asetat (CH₃COOH)

e. Tes formatif 4

1. Hitung pH campuran 50 mL HCl 0,1 M dan 50 mL HCl 0,2 M !
2. Hitung pH campuran 50 mL NaOH 0,1 M dan 50 mL NaOH 0,2 M !
3. Hitung pH campuran 200 mL HCl 0,1 M dan 50 mL NaOH 0,2 M
4. Hitung pH asam benzoat, C₆H₅COOH 0,1 M jika K_a = 6,3 x 10⁻⁵
5. Hitung pH asam karbonat H₂CO₃ 0,1 M jika K_{a1} = 4,2 x 10⁻⁷ dan K_{a2} = 4,8 x 10⁻¹¹

f. Kunci jawaban formatif 4

1. 0,824
2. 13,18
3. 1,0
4. 2,60
5. 3,69

g. Lembar kerja 4

Percobaan 1

Tujuan : Menentukan pH larutan asam dan basa

Cara kerja :

1. Siapkan pH meter atau kertas indikator universal
2. Siapkan gelas kimia 100 mL jika menggunakan pH meter, atau siapkan pelat tetes jika menggunakan kertas indikator universal untuk menyimpan larutan :

HCl 0,01 M dan 0,02 M

CH₃COOH 0,01 M dan 0,02 M

NaOH 0,01 M dan NaOH 0,02 M

Ca(OH)₂ 0,01 M dan Ca(OH)₂ 0,05 M

NH₄OH 0,01 M dan NH₄OH 0,02 M

3. Catat hasil pengamatanmu dan bandingkan dengan hasil perhitungan pada tabel berikut !

No.	Larutan yang diuji	Harga pH hasil pengukuran		Harga pH Hasil Perhitungan
		pH meter*	Indikator * Universal	
1	HCl 0,01 M			
2	HCl 0,02 M			
3	CH ₃ COOH 0,01 M			
4	CH ₃ COOH 0,02 M			
5	NaOH 0,01 M			
6	NaOH 0,02 M			
7	Ca(OH) ₂ 0,01 M			
8	Ca(OH) ₂ 0,02 M			
9	NH ₄ OH 0,01 M			
10	NH ₄ OH 0,01 M			

* pilih salah satu

4. Buat kesimpulan dari percobaanmu !

Percobaan 2

Tujuan : Menentukan Harga K_a Asam Asetat dengan pH meter

Cara kerja :

1. Siapkan pH meter (kalibrasi dahulu terhadap pH 4 dan pH 9)
2. Buat masing-masing 50 mL larutan CH_3COOH 0,1M; 0,05 M; 0,01M; 0,005 M; dan 0,001M. Buat dahulu larutan CH_3COOH 50 mL 1M, kemudian encerkan untuk membuat larutan yang diperlukan
3. Ukur pH masing-masing larutan dengan pH meter dan catat datanya pada tabel. Lampirkan lembar perhitungan K_a
4. Berikan kesimpulanmu !

Konsentrasi CH_3COOH (M)	pH hasil pengukuran	$[\text{H}^+]$	K_a (dihitung)
0,1			
0,05			
0,01			
0,005			
0,001			

Harga K_a rata-rata

5. Kegiatan Belajar 5

a. Tujuan kegiatan pelajaran 5

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan konsep indikator asam basa
- Menggunakan indikator untuk menentukan asam basa
- Mengidentifikasi penggunaan suatu indikator
- Berpartisipasi dalam penggunaan indikator asam basa dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati

b. Uraian materi 5

Indikator Asam Basa

Indikator asam basa dikenal juga sebagai indikator pH adalah suatu zat yang berubah warna karena adanya perubahan pH. Indikator asam basa merupakan asam lemah atau basa lemah. Indikator yang berupa asam lemah dinyatakan dengan rumus HIn. Indikator asam ini memiliki reaksi kesetimbangan sebagai berikut :

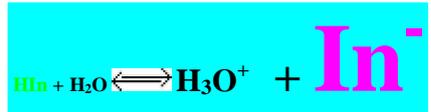


Asam (HIn) dan konyugatnya (In⁻) memiliki warna yang berbeda, misalnya asamnya bewarna A dan basa konyugatnya berwarna B.

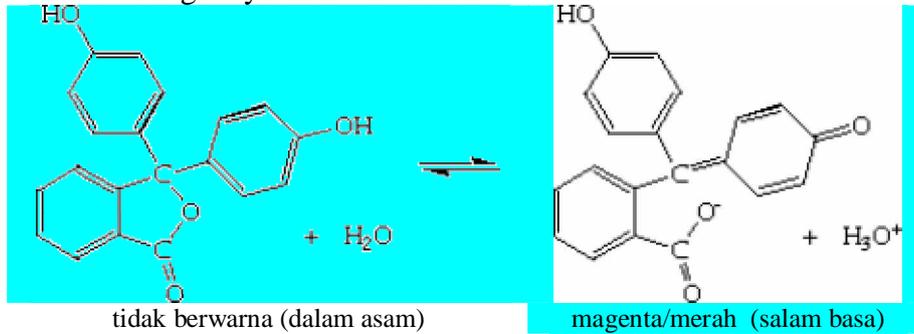
Jika indikator dimasukkan pada larutan yang memiliki pH rendah, konsentrasi H₃O⁺ menjadi tinggi, sehingga posisi kesetimbangan bergeser ke arah kiri dan indikator tersebut akan menunjukkan warna A.



Demikian jika indikator dimasukkan ke dalam larutan yang memiliki pH tinggi, konsentrasi H₃O⁺ menjadi rendah atau konsentrasi In⁻ menjadi tinggi. Pada keadaan ini posisi kesetimbangan bergeser ke arah kanan dan indikator akan memberikan warna B. gejala ini dinyatakan



Salah satu contoh indikator asam basa adalah fenolftalein, dengan kesetimbangannya dalam air adalah



Fenolftalein menunjukkan tidak berwarna dalam larutan asam dan memberikan warna magenta (merah) dalam larutan basa. Gejala ini memperlihatkan bahwa dalam larutan asam kesetimbangannya bergeser ke arah kiri, dan konsentrasi anionnya yang memberikan warna magenta menjadi sangat rendah. Demikian di dalam larutan basa, kesetimbangan bergeser ke arah kanan, dan konsentrasi anion menjadi tinggi, sehingga warna magenta akan terlihat dengan jelas.

Sebagaimana anda pelajari pada Modul Kesetimbangan atau bagian awal dari Modul ini, secara umum kesetimbangan yang dimiliki indikator (asam lemah) dinyatakan sebagai berikut :

$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

K_{In} dikenal sebagai *tetapan disosiasi (ionisasi) indikator*. Warna indikator akan berubah dari warna A ke warna B atau sebaliknya. Pada keadaan HIn mengurai setengahnya, maka konsentrasi HIn dan basa konjugat, In^- yang berada dalam kesetimbangan menjadi sama,

$$[\text{HIn}] = [\text{In}^-]$$

Demikian pernyataan tetapan kesetimbangan akan berubah menjadi,

$$K_{\text{In}} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

atau **$\text{p}K_{\text{In}} = \text{pH}$** .

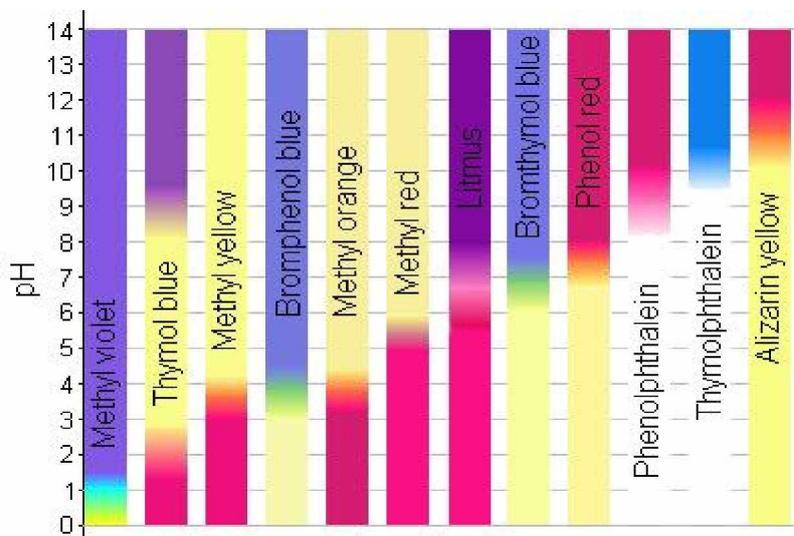
Ingat bahwa $\text{p}K = -\log K$ dan $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log [\text{H}^+]$

Trayek (rentang) pH Indikator

Dalam larutan yang memiliki pH rendah, warna suatu indikator hampir semuanya ditentukan oleh bentuk HIn, sedangkan pada larutan dengan pH tinggi, warnanya lebih didominasi oleh kandungan In⁻. Setiap indikator menunjukkan perubahan warna pada trayek (rentang) pH tertentu. Kebanyakan rentang pH indikator berada ± 1 dari harga pK_{In}. Tabel-4 dan Gambar-4 berikut ini memperlihatkan beberapa contoh indikator asam basa beserta trayek pH-nya.

Tabel-4
Indikator Asam Basa dan Trayek pH

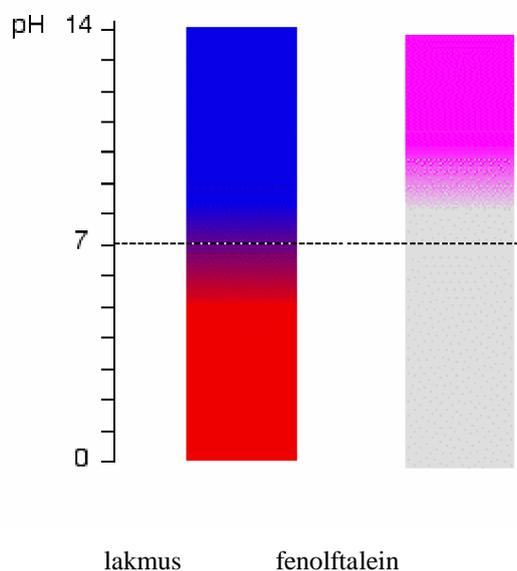
Indikator	Warna dalam		pK _{In}	Trayek pH
	Asam	Basa		
Timol biru-perubahan ke-1	merah	kuning	1,5	1,2 – 2,8
Metil jingga	merah	kuning	3,7	3,2 – 4,4
Bromkresol hijau	kuning	biru	4,7	3,8 – 5,4
Metil merah	merah	kuning	5,1	4,8 – 6,0
Bromtimol biru	kuning	biru	7,0	6,0 – 7,6
Fenol merah	kuning	merah	7,9	6,8 – 8,4
Timol biru-perubahan ke-2	kuning	biru	8,9	8,0 – 9,6
Fenolftalein	tidak berwarna	magenta	9,4	8,2 – 10,0



Gambar-4 Indikator asam basa, perubahan warna, dan trayek pH

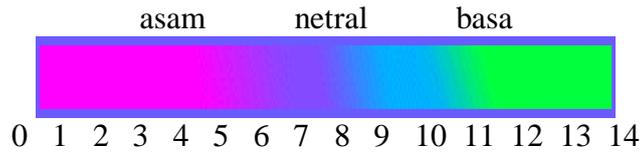
Indikator banyak dimanfaatkan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif adalah untuk mengetahui apakah suatu larutan yang di analisis itu asam atau basa, sedangkan analisis kuantitatif adalah untuk mengetahui kadar atau derajat keasaman yang dimiliki suatu larutan asam atau basa maupun dipakai untuk penetapan konsentrasi asam atau basa melalui titrasi.

Lakmus dan fenolftalein adalah indikator yang sangat baik untuk digunakan dalam analisis asam basa secara kualitatif, karena kedua indikator tersebut memberikan perubahan warna yang tajam dalam larutan asam ($\text{pH} < 7$) dan larutan basa ($\text{pH} > 7$). Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya, lakmus biru akan menunjukkan warna merah dalam larutan asam, dan lakmus merah akan memberikan warna biru dalam larutan basa. Demikian fenolftalein menunjukkan tidak berwarna dalam larutan asam, dan memberikan warna magenta (merah muda) dalam larutan basa. Perubahan warna dari kedua indikator ini ditunjukkan pada gambar-5 berikut.



Gambar-5 Perubahan warna Indikator Lakmus dan Fenolftalein

Jika di laboratorium anda tidak tersedia lakmus atau fenolftalein, maka untuk menguji keberadaan asam atau basa dapat digunakan indikator alam. Salah satu contohnya adalah kol merah. Parutlah daun kol merah, campurkan air, kemudian saring dan tampung cairannya. Cairan tersebut sekarang dapat digunakan sebagai indikator. Perubahan warna yang ditunjukkan air kol merah dalam larutan asam dan basa ditunjukkan pada Gambar-6. Pada larutan asam ($\text{pH} 0-6$) berwarna merah muda, pada larutan netral ($\text{pH} = 7$) berwarna biru, dan pada larutan basa ($\text{pH} = 8-14$) berwarna hijau. Silahkan anda coba dengan kembang sepatu dan kunir.



Gambar-6 Perubahan warna air kol merah dalam asam dan basa

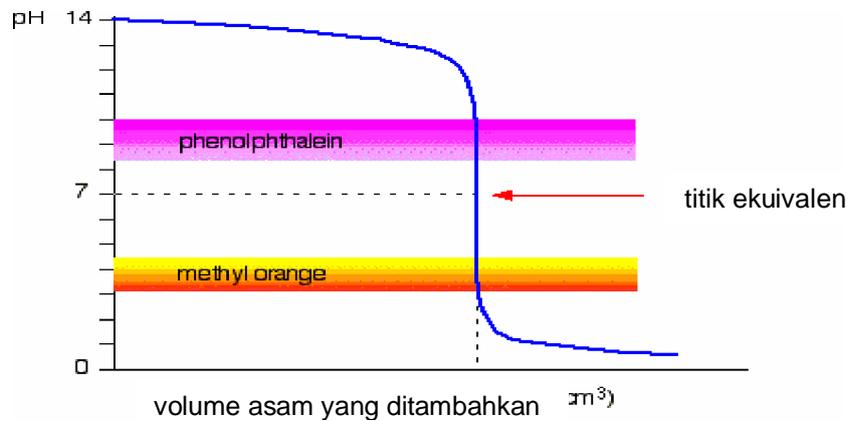
Penentuan nilai pH larutan asam dan basa adalah menggunakan kertas indikator universal, atau lebih teliti lagi menggunakan pH-meter sebagaimana ditunjukkan pada Gambar-3 dan Gambar-2. Perlu diingat bahwa indikator universal adalah merupakan campuran dari beberapa indikator, sehingga warna untuk setiap nilai pH dari 1 sampai 14 ditunjukkan dengan warna tertentu. Perhatikan gambar-3, jika anda meneteskan suatu larutan pada kertas indikator universal, ternyata indikator universal tersebut berubah menjadi warna merah, maka ternyata warna merah tersebut bertepatan dengan nilai pH 5, berarti larutan yang kita uji memiliki nilai pH = 5. Jika berwarna hijau, berarti memiliki pH = 7 dan jika berwarna biru berarti larutan memiliki pH = 9.

Pengukuran pH dengan pH-meter akan lebih teliti lagi hingga diperoleh sampai dua desimal. Celupkan elektrode gelas dalam keadaan bersih ke dalam larutan yang akan diuji, baca nilai pH yang ditunjukkan jarum skala (nilai pada layar elektronik untuk pH-meter digital). Nilai yang anda baca adalah menunjukkan pH larutan. (Pelajari secara khusus cara menera, menggunakan, dan memelihara pH-meter).

Pemanfaatan indikator yang lainnya adalah digunakan pada saat melakukan titrasi asam basa, yaitu menentukan konsentrasi asam dengan konsentrasi basa yang telah diketahui secara teliti atau sebaliknya (prinsip ini akan anda temukan nanti pada Modul Titrasi). Pemilihan indikator yang baik untuk keperluan suatu titrasi pada prinsipnya adalah pH titik ekuivalen hasil perhitungan dari suatu reaksi asam basa harus berada pada trayek pH indikator.

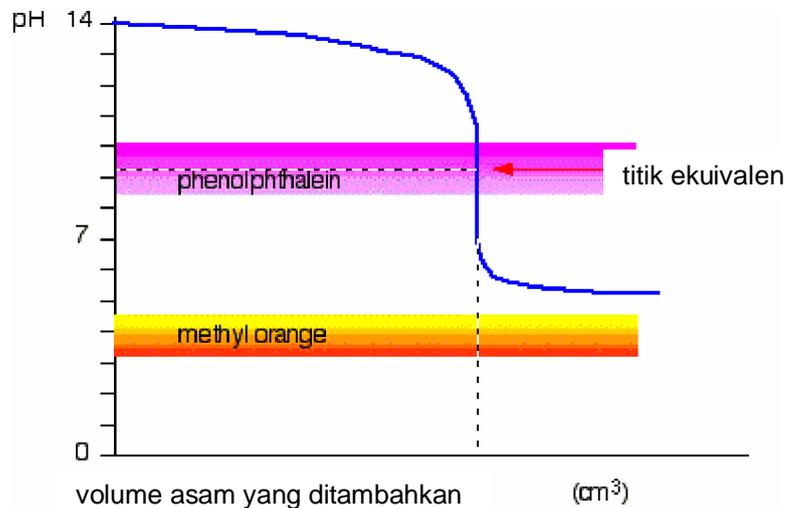
Misalnya pada titrasi asam kuat dengan basa kuat (gambar-7) telah dihitung bahwa pH titik ekuivalennya berada pada pH = 7. pH tersebut tidak berada pada

trayek pH fenolftalein maupun metil jingga. Dengan demikian pada titrasi tersebut, fenolftalein dan metil jingga tidak dapat digunakan.



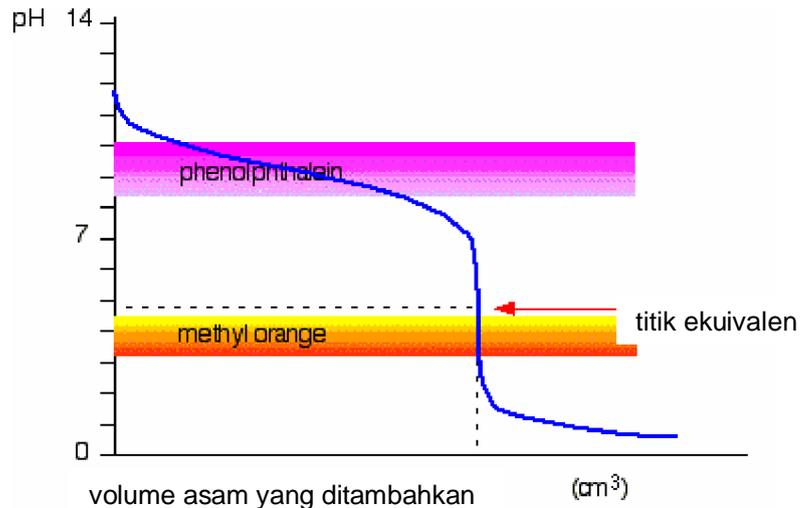
Gambar-7 Pemilihan indikator yang tidak tepat

Untuk kurva titrasi asam lemah dan basa kuat seperti pada gambar-8, memperlihatkan bahwa pH titik ekuivalen berada pada trayek pH indikator fenolftalein dan jauh di luar trayek pH indikator metil jingga. Demikian pada titrasi tersebut indikator yang tepat digunakan adalah fenolftalein.



Gambar-8 Pemilihan Indikator fenolftalein yang tepat

Untuk kasus dengan kurva titrasi asam kuat dan basa lemah seperti pada gambar-9, memperlihatkan bahwa pH titik ekuivalen berada pada trayek pH indikator metil jingga dan jauh di luar trayek pH indikator fenolftalein. Demikian pada titrasi tersebut indikator yang tepat digunakan adalah metil jingga.



Gambar-9 Pemilihan Indikator metil jingga yang tepat

c. Rangkuman 5

- Indikator asam basa merupakan asam lemah dengan rumus HIn yang warnanya berubah jika terjadi perubahan pH.
- Pada pH rendah warna dominan dari indikator adalah warna dari HIn , sedangkan pada pH tinggi dominan warna dari In^-
- Tetapan keasaman suatu indikator dinyatakan dengan
$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$
- Perubahan warna indikator terjadi pada rentang pH tertentu yang disebut trayek pH indikator dengan harga $\text{p}K_{\text{In}} \pm 1$.
- Indikator banyak digunakan untuk menentukan sifat dan tingkat keasaman suatu larutan.
- Indikator asam basa juga dapat menggunakan indikator alam yaitu indikator yang diperoleh dari ekstrak tumbuhan seperti ekstrak dari kol merah, kembang sepatu, dan kunir.
- Indikator universal merupakan gabungan dari beberapa indikator, sehingga pH suatu larutan ditunjukkan oleh warna tertentu yang harga pH nya tertentu pula.
- Indikator yang paling tepat dipilih pada penetapan konsentrasi suatu asam atau basa adalah indikator yang memiliki trayek pH yang berkesesuaian dengan pH titik ekuivalen penetapan tersebut.

d. Tugas 5

1. Uji pH larutan Na_2CO_3 0,1M, NaOH 0,1 M, NH_4OH 0,1 M, CH_3COOH 0,1 M, NH_4Cl 0,1 M, Na_2HPO_4 0,1 M, Na_3PO_4 0,1 M, NaCl 0,1 M dengan menggunakan indikator metil violet, metil jingga, metil merah, brom timol biru, fenol merah, fenolftalein, dan alizarin kuning
2. Uji pH larutan pada nomor 1 dengan menggunakan indikator universal

e. Tes formatif 5

1. Kesetimbangan suatu indikator dinyatakan dengan reaksi HIn
$$+ \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{In}^-$$

 HIn tidak berwarna, dan In^- berwarna merah
Mengapa jika indikator ini dimasukkan ke dalam larutan asam akan menunjukkan tidak berwarna dan dalam larutan basa berwarna merah
2. Berapa trayek pH suatu indikator yang memiliki $\text{pK}_{\text{In}} = 5,1$
3. Perhatikan tabel-4 dan gambar-4 :
 - a. Warna apakah yang akan muncul bila larutan HCl 0,01 M ditetesi masing-masing dengan indikator metil jingga dan fenolftalein
 - b. Berapa pH perkiraan dari larutan A bila dalam metil merah memberikan warna kuning, dalam brom timol biru memberikan warna kuning ?
4. Gunakan Tabel-4 dan Gambar-4
 - a. Indikator apa saja yang cocok digunakan untuk titrasi saat mencampuran 50 mL NaOH 0,1 M dengan 50 mL HCl 0,1 M ?
 - b. Titik ekuivalen pada penambahan 25 mL larutan NaOH 0,1 M dan 25 mL CH_3COOH 0,1M emiliki pH 8,72. Indikator apa saja yang cocok digunakan ?

f. Kunci Jawaban formatif 5

1. Pada penambahan asam, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ akan bertambah, sehingga kesetimbangan akan bergeser ke kiri, menyebabkan $[\text{HIn}]$ bertambah akibatnya warna dominan berasal dari HIn . Pada penambahan basa, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ akan berkurang (dinetralisir oleh basa), kesetimbangan bergeser ke kanan dan warna dominan adalah In^- .
2. Trayek pH indikator : 4,1 – 6,1

3. a. dalam metil jingga berwarna merah dan dalam fenolftalein tidak berwarna
- b. Trayek pH metil merah : 4,8 – 6,0 merah ke kuning, dengan $pK_{In} = 5,1$
 Trayek pH bromtimol biru : 6,0 – 7,6 dari kuning ke biru dengan $pK_{In} = 7,0$
- Karena larutan A berwarna kuning dalam metil merah, maka pH larutan A $> 5,1$; demikian berwarna kuning dalam bromtimol biru berarti pH larutan A $< 7,0$
- Jadi larutan A diperkirakan memiliki pH 5,2 –6,9
4. a. pH perhitungan adalah 7, lihat trayek pH indikator, maka indikator yang tepat digunakan adalah brom timol biru, fenol merah, dan lakmus
- b. Indikator yang tepat digunakan adalah timol biru dan fenolftalein.

g. Lembar kerja 5

Percobaan 1

Tujuan : Menentukan pH larutan dengan ikdikator

Cara kerja :

- Siapkan larutan Na_2CO_3 0,1M, NaOH 0,1 M, NH_4OH 0,1 M, CH_3COOH 0,1 M, NH_4Cl 0,1 M, Na_2HPO_4 0,1 M, Na_3PO_4 0,1 M, NaCl 0,1 M.
- Uji masing-masing larutan pada No. 1 dengan menggunakan indikator metil violet, metil jingga, metil merah, brom timol biru, fenol merah, fenolftalein, dan alizarin kuning. Ukur pH dengan kertas indikator universal Amati perubahan warnanya dan perkirakan harga pHnya !
- Catat data pada lembar berikut, dan berikan kesimpulanmu !

Larutan	Metil violet	Metil jingga	Metil merah	Brom-timol biru	Fenol merah	Fenol-ptalein	Alizarin kuning	Perkiraan pH	pH Ind. Univ,
Na_2CO_3 0,1 M									
NaOH 0,1 M									
NH_4OH 0,1 M									
CH_3COO									

Larutan	Metil violet	Metil jingga	Metil merah	Brom-timol biru	Fenol merah	Fenol-ptalein	Alizarin kuning	Perkiraan pH	pH Ind. Univ,
H 0,1 M									
NH ₄ Cl 0,1 M									
Na ₂ HPO ₄ 0,1 M									
Na ₃ PO ₄ 0,1 M									
NaCl 0,1 M									

4. Berikan kesimpulan berdasarkan data yang anda temukan !

III. EVALUASI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut sebagai uji penguasaan anda terhadap isi modul ini.!

1. Tentukan asam konjugat dari basa-basa berikut

- (a) HSO_4^-
- (b) NH_2^-
- (c) NH_3
- (d) HCO_3^-

2. Tentukan basa konjugat dari asam-asam berikut :

- (a) HCO_3^-
- (b) HBr
- (c) HS^-
- (d) H_2O_2

3. Tentukan asam basa konjugat dari persamaan-persamaan reaksi berikut :

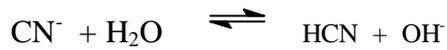
- (a) $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- (b) $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$
- (c) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HSO}_4^-$
- (d) $\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{OH}^-$

4. Hitung pH dan pOH masing-masing asam berikut :

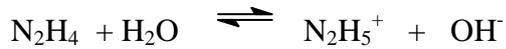
- (a) 0,0092 M HOCl ($[\text{H}^+] = 1,8 \times 10^{-5} \text{M}$)
- (b) 0,0810 M HCN ($[\text{H}^+] = 6 \times 10^{-6} \text{M}$)
- (c) 0,0992 M HC_2O_4^- (persen ionisasi 2,5%)
- (d) 0,138 M $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ (persen ionisasi 1,2%)

5. Hitung pH dan pOH masing-masing basa berikut :

- (a) 0,0784 M $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ($[\text{OH}^-] = 6,0 \times 10^{-6} \text{M}$)
- (b) 0,1098 M $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ ($[\text{OH}^-] = 2,8 \times 10^{-3} \text{M}$)
- (c) 0,222 M CN^- persen ionisasi untuk menghasilkan OH^- 1,1%



(d) 0,300 M N_2H_4 (persen ionisasi 0,3%)



6. Hitung tetapan keasaman dari konsentrasi dan persen ionisasi zat berikut :

(a) $1,0 \times 10^{-4}$ M H_2O_2 dengan persen ionisasi $1,5 \times 10^{-2}$ %

(b) 0,30 M $\text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{H}$ dengan persen ionisasi 6,60%

(c) 0,10 HF dengan persen ionisasi 8,1%

(d) 0,01 M HNO_2 dengan persen ionisasi 19%

7. Indikator HIn mempunyai tetapan keasaman $K_a = 1 \times 10^{-5}$. Apabila dalam bentuk molekul asam tersebut berwarna kuning dan bentuk In^- berwarna hijau. Apa warna larutan yang mengandung indikator tersebut ketika pH nya adalah 7,0

Kunci Jawaban

- kata kunci : tambahkan H^+ pada masing-masing molekul / ion tersebut
- kata kunci : kurangkan H^+ dari masing-masing molekul / ion tersebut
- kata kunci : pasangan asam-basa konjugat adalah moleku/ion pelepas H^+ dan ion sisa setelah H^+ dilepas
- pH = 4,74; pOH = 9,26
 - pH = 5,2; pOH = 8,8
 - pH = 2,60; pOH = 11,40
 - pH = 2,78; pOH = 11,22
- pH = 8,78; pOH = 5,22
 - pH = 11,45; pOH = 2,55
 - pH = 11,39; pOH = 2,61
 - pH = 11,0; pOH = 3,0
- $K_a = 2,2 \times 10^{-12}$
 - $K_a = 1,40 \times 10^{-3}$
 - $K_a = 7,1 \times 10^{-4}$
 - $K_a = 4,5 \times 10^{-4}$
- Hijau

Kriteria Penilaian

Setiap poin yang dijawab benar bernilai 4

Skor maksimum : 25 poin x 4 = 100

Pedoman Umum Penilaian

1. Evaluasi Hasil Belajar = Aspek Kognitif + Aspek Psikomotor + Aspek Sikap
2. Bobot Kognitif : Psikomotor : Sikap = 30% : 50% : 20%
3. Evaluasi kognitif diambil dari tes formatif 1 s.d. 5 ditambah evaluasi akhir
4. Evaluasi psikomotor diambil dari Tugas 1 s.d. 5 dengan menggunakan format sbb.

Berikan tanda (V) sesuai prestasi kerja siswa

No.	Kegiatan	Kualitas Kerja		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Menentukan keasaman dan kebasaaan larutan			
2	Menentukan kekuatan asam dan basa berdasarkan daya hantar listriknya			
3	Menentukan derajat disosiasi elektrlit berdasarkan hantaran listrknya			
4	Menentukan pH larutan asam dan basa			
5	Menentukan harga K_a asam asetat dengan pH meter			
6	Menentukan pH larutan dengan indikator			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Sikap Kerja				
Nilai pada skala 10				

5. Evaluasi sikap diambil dari Tugas 1 s.d. 5 dengan menggunakan format sbb. Berikan tanda (V) sesuai sikap kerja siswa

No.	Kegiatan	Sikap Kerja		
		kesungguhan, kecermatan dan kehati-hatian		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Menentukan keasaman dan kebasaan larutan			
2	Menentukan kekuatan asam dan basa berdasarkan daya hantar listriknya			
3	Menentukan derajat disosiasi elektrlit berdasarkan hantaran listriknya			
4	Menentukan pH larutan asam dan basa			
5	Menentukan harga K_a asam asetat dengan pH meter			
6	Menentukan pH larutan dengan indikator			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Prestasi Kerja				
Nilai pada skala 10				

6. Dalam aspek kognitif modul ini harus dikuasai $\geq 80\%$, dalam aspek psikomotor dan sikap 90%.
7. Semua nilai kognitif, psikomotor dan afektif dikonveri ke skala 0-10
8. Nilai Prestasi Belajar (NPB) yaitu :

$$\text{NPB} = 0,3 (\text{Rata-rata nilai kognitif}) + 0,5 (\text{Rata-rata nilai psikomotor}) + 0,2 (\text{Rata-rata nilai sikap})$$

IV. PENUTUP

Demikianlah modul ini dibuat untuk membantu siswa menyelesaikan salah satu sub kompetensi dari kompetensi menganalisa bahan secara kuantitatif. Siswa dapat melanjutkan ke modul berikutnya setelah mengikuti proses belajar mengajar minimal aspek kognitif 80%, aspek psikomotor dan sikap 90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, James E., Holum, John R., 1994, *General of Chemistry, 5^d Edition*, New York : John Wiley & Son.
- Bodner, George M.,Pardue Harry L., 1995, *Chemistry an Experimental Science*, New York : John Wiley & Son second edition
- Holtzclaw, Henry F. and Robinson, Holtzclaw. (1988). *College Chemistry with Qualitative Analysis*. Toronto : D.C. Health and Company, eighth edition.
- Malone, Leo J, 1994, *Basic Concepts of Chemistry, 4th Edition*, New York : John Wiley & Son.
- Yayan Sunarya, 2000, *Kimia Dasar 2*, Bandung : Alkemi Grafisindo Press,