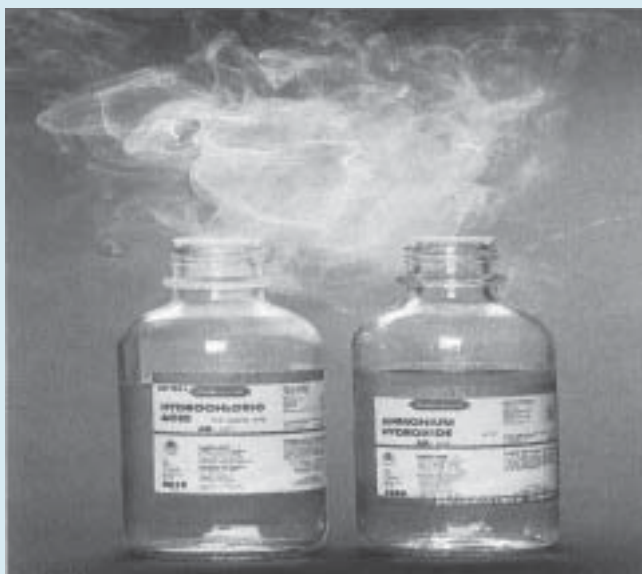


Bab VII

pH Larutan Asam-Basa



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

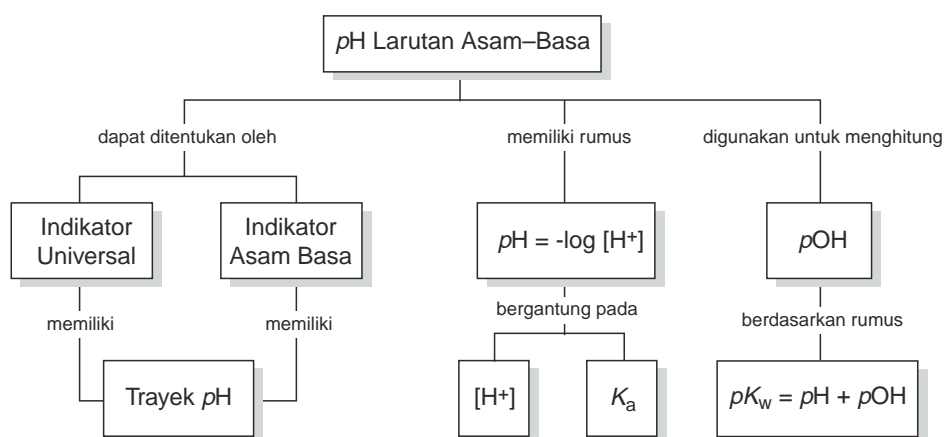
Indikator universal dan kertas lakmus digunakan untuk mengidentifikasi pH larutan asam-basa.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. melakukan pengujian H^+ larutan dengan indikator,
2. menjelaskan konstanta ionisasi asam dan basa (K_a dan K_b),
3. menghitung konsentrasi ion H^+ dan OH^- pada larutan asam-basa,
4. menjelaskan hubungan ion H^+ dengan pH larutan,
5. menghitung H^+ larutan asam-basa,
6. menjelaskan trayek H^+ indikator asam-basa.

PETA KONSEP



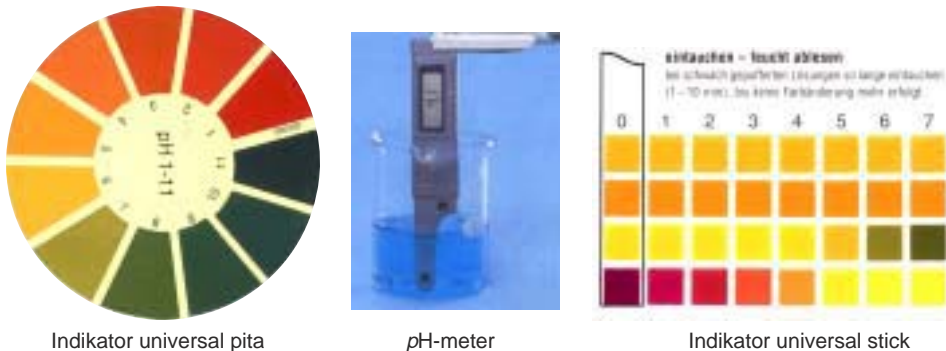
Dalam kehidupan sehari-hari dikenal istilah *pH* misalnya *pH* air, *pH* tanah, *pH* sabun mandi, dan *pH* asam lambung. *pH* menunjukkan derajat keasaman.

Harga *pH* larutan di antara 1–14. Harga *pH* bergantung pada jumlah ion H^+ yang terkandung di dalam larutan. Untuk mengidentifikasi *pH* suatu larutan dapat digunakan alat seperti *pH* meter dan berbagai indikator baik yang berbentuk kertas maupun cair.

Asam dan basa sifatnya berbeda, ada yang kuat dan ada yang lemah. Apakah kekuatan asam basa mempengaruhi harga *pH*? Sebelum membahas penentuan *pH*, pada bab ini akan diuraikan dulu penentuan *pH* asam-basa dengan indikator, konstanta ionisasi asam dan basa untuk menghitung jumlah ion H^+ yang dihasilkan oleh asam dan ion OH^- dari basa baik yang kuat maupun yang lemah, selanjutnya cara menentukan *pH* larutan, perhitungan *pH* larutan, macam-macam indikator, dan penerapan *pH* dalam kehidupan sehari-hari.

A. Penentuan *pH* Larutan dengan Indikator

Harga *pH* menunjukkan keasaman suatu larutan. Pengujiannya dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara misalnya dengan *pH*-meter, indikator universal, atau macam-macam indikator asam-basa lainnya. Di laboratorium dan sekolah, alat yang sering digunakan yaitu indikator universal pita. Perhatikan gambar alat pengujian *pH* berikut.



Gambar 7.1 Berbagai alat pengujian *pH*

Sumber: New Stage Chemistry

Bagaimana cara menguji *pH*? Lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 7.1

Pengujian *pH* dengan Indikator Universal

Pada percobaan ini akan ditentukan *pH* larutan asam, basa, dan air murni dengan menggunakan indikator universal pita.

Langkah-langkah percobaan:

1. Siapkan potongan-potongan kecil pita indikator universal pada plat tetes.

2. Teteskan air, larutan HCl 0,1 M, CH₃COOH 0,1 M, NH₃ 0,1 M, dan NaOH 0,1 M pada indikator.
3. Amati warna yang terjadi pada indikator dan tentukan pH larutan dengan mencocokkan warna indikator tersebut dengan skala pH pada wadah pita indikator universal.

Pertanyaan:

1. Berapa harga pH air, larutan asam, dan basa pada percobaan?
2. Apakah pH larutan asam atau basa lemah sama dengan pH asam atau basa kuat?
3. Buatlah kesimpulan tentang pH larutan asam dan basa!

Dari percobaan akan didapat data sebagai berikut!

Larutan	Air	HCl	CH ₃ COOH	NH ₃ (aq)	NaOH
Konsentrasi	–	0,1 M	0,1 M	0,1 M	0,1 M
pH	7	1	3	9	13
Sifat larutan	Netral	Asam kuat	Asam lemah	Basa lemah	Basa kuat

Air murni bersifat netral, pH air = 7. HCl dan CH₃COOH bersifat asam, pH asam < 7. NH₃ dan NaOH bersifat basa, pH basa > 7. Pada konsentrasi yang sama makin kuat sifat asam harga pH makin kecil. Untuk basa, makin kuat sifat basa harga pH makin besar.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan:

pH asam < 7, basa > 7, dan larutan netral = 7.

Pada konsentrasi yang sama pH larutan asam kuat lebih kecil dari asam lemah, sedangkan pH basa kuat lebih besar dari basa lemah.

Latihan 7.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan mana yang memiliki pH lebih besar dari 7 dan yang lebih kecil dari 7 dari larutan-larutan berikut.
 - a. H₂SO₄
 - b. KOH
 - c. HNO₃
 - d. Mg(OH)₂
2. Perkirakan mana yang memiliki pH = 7, lebih besar dari 7, dan yang lebih kecil dari 7 dari bahan-bahan berikut.
 - a. Yoghurt
 - b. Vitamin C
 - c. Detergen
 - d. Soft drink
 - e. Cuka
 - f. Air kapur
 - g. Pasta gigi
 - h. Susu

B. Konstanta Ionisasi Asam dan Basa

Asam dan basa ada yang bersifat kuat dan lemah. Asam dan basa kuat dalam air seluruh molekulnya terurai menjadi ion-ionnya, sedangkan asam dan basa lemah hanya sebagian kecil molekulnya terurai menjadi ion-ionnya. Berdasarkan banyaknya asam atau basa yang terionisasi didapat harga derajat ionisasi asam atau basa.

Derajat ionisasi (α) adalah harga perbandingan antara jumlah molekul zat yang terionisasi dengan jumlah molekul zat mula-mula. Nilai derajat ionisasi (α) dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah mol asam terionisasi}}{\text{Jumlah mol asam mula - mula}} \text{ atau } \alpha = \frac{\text{Jumlah mol basa terionisasi}}{\text{Jumlah mol basa mula - mula}}$$

Nilai derajat ionisasi memiliki rentang antara 0% – 100% atau bernilai antara 0 hingga 1. Asam kuat dan basa kuat terionisasi sempurna dalam larutannya sehingga mempunyai derajat ionisasi, $\alpha = 1$. Asam lemah dan basa lemah hanya terionisasi sebagian kecil dalam larutannya sehingga mempunyai derajat ionisasi $0 < \alpha < 1$.

Penguraian asam lemah atau basa lemah menjadi ion-ionnya membentuk reaksi kesetimbangan dan memiliki suatu konstanta ionisasi asam dan basa atau ditulis K_a dan K_b .

1. Konstanta Ionisasi Air

Air murni hampir tidak menghantarkan arus listrik, hanya alat pengukuran yang sangat peka yang dapat menunjukkan bahwa air murni memiliki daya hantar listrik yang sangat kecil. Artinya hanya sebagian kecil molekul-molekul air dapat terionisasi menjadi ion H^+ dan ion OH^- .

Persamaan ionisasi air dapat ditulis: $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$

Harga tetapan kesetimbangan air adalah:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K \cdot [H_2O] = [H^+][OH^-]$$

Konsentrasi H_2O yang terionisasi menjadi H^+ dan OH^- sangat kecil dibandingkan dengan $[H_2O]$ mula-mula, sehingga $[H_2O]$ dapat dianggap tetap, maka harga $K[H_2O]$ juga tetap, yang disebut *konstanta kesetimbangan ionisasi air* atau ditulis K_w .

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

Pada suhu 25°C, K_w yang didapat dari percobaan adalah $1,0 \times 10^{-14}$. Harga K_w ini bergantung pada suhu, tetapi untuk percobaan yang suhunya tidak terlalu menyimpang jauh dari 25°C, harga itu dapat dianggap tetap.

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

maka $[H^+]$ dalam air = 10^{-7} M dan $[OH^-]$ dalam air = 10^{-7} M

2. Ionisasi Asam Kuat dan Basa Kuat

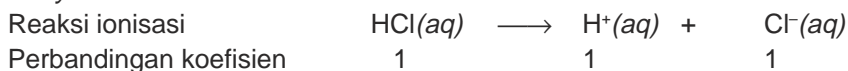
Asam kuat dan basa kuat adalah senyawa yang dalam air mengalami ionisasi sempurna, hampir semua molekulnya terionisasi membentuk ion-ion. Reaksinya merupakan reaksi satu arah bukan reaksi kesetimbangan.

Untuk menghitung $[H^+]$ atau $[OH^-]$ dapat digunakan perhitungan kimia dengan melihat reaksi ionisasinya. Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

1. Berapa konsentrasi H^+ dan OH^- dalam 500 mL larutan HCl 0,1 M?

Penyelesaian:



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

Konsentrasi OH^- dalam HCl 0,1 M adalah

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \text{ M}$$

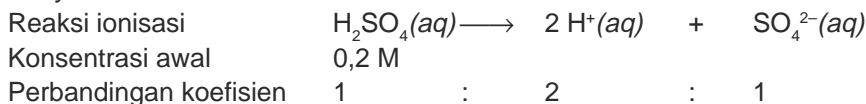
$$0,1 [OH^-] = 10^{-14} \text{ M}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ M.}$$

Jadi, $[H^+] = 0,1 \text{ M}$ dan $[OH^-] = 10^{-13} \text{ M}$.

2. Berapa konsentrasi H^+ dan SO_4^{2-} dalam 500 mL larutan H_2SO_4 0,2 M?

Penyelesaian:



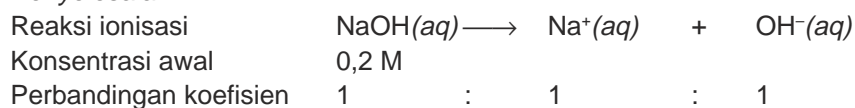
$$\text{maka } [H^+] = \frac{2}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,4 \text{ M}$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{1}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,2 \text{ M}$$

Jadi, $[H^+] = 0,4 \text{ M}$ dan $[SO_4^{2-}] = 0,2 \text{ M}$.

3. Berapa konsentrasi OH^- dan H^+ dalam larutan NaOH 0,2 M?

Penyelesaian:



a. $[\text{OH}^-] = \frac{1}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,2 \text{ M}$

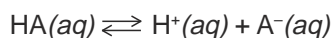
b. $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}$
 $[\text{H}^+] \times 0,2 = 10^{-14} \text{ M}$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-1}} = 5 \cdot 10^{-14} \text{ M}$$

Jadi, $[\text{H}^+]$ dalam larutan NaOH 0,2 M = $5 \times 10^{-14} \text{ M}$

3. Konstanta Ionisasi Asam Lemah

Asam lemah $[\text{HA}]$ akan terionisasi dengan reaksi kesetimbangan.



K_a adalah konstanta kesetimbangan asam

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

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

$$[\text{H}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HA}]$$

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

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

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

Dari rumus di atas, $[\text{H}^+]$ dari asam lemah dapat ditentukan asal harga K_a -nya diketahui. Jika K_a besar maka $[\text{H}^+]$ juga besar atau asam makin kuat.

Jadi, dapat disimpulkan:

Makin besar K_a suatu asam, sifat asam makin kuat.

Harga konstanta ionisasi asam dari beberapa asam lemah pada suhu 25°C , dapat dilihat pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Harga K_a asam lemah

Nama Asam	Rumus Kimia	Nilai K_a
Asam asetat	CH_3COOH	$1,7 \times 10^{-5}$
Asam karbonat	H_2CO_3	$4,3 \times 10^{-7}$
Asam formiat	HCOOH	$1,7 \times 10^{-4}$
Asam sianida	HCN	$4,9 \times 10^{-10}$
Asam fluorida	HF	$6,8 \times 10^{-4}$
Asam nitrit	HNO_2	$4,5 \times 10^{-4}$
Asam oksalat	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \times 10^{-2}$
Asam hipoklorit	HClO	$3,5 \times 10^{-8}$
Asam sulfit	H_2SO_3	$1,3 \times 10^{-2}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

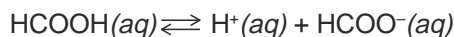
Bagaimana cara menghitung $[\text{H}^+]$ pada asam lemah? Perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal

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

Penyelesaian:

Persamaan reaksi ionisasi HCOOH

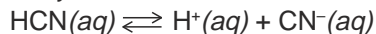


$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{K_a \cdot C_a} \\ &= \sqrt{1,7 \cdot 10^{-4} \times 0,01} \\ &= 1,30 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

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

2. Tentukan konsentrasi ion H^+ yang terdapat dalam 250 mL larutan HCN 0,15 M jika harga $K_a \text{HCN} = 4,9 \times 10^{-10}$.

Penyelesaian:



$$0,15 \text{ M} \qquad 0,15 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{K_a \cdot C_a} \\ [\text{H}^+] &= \sqrt{4,9 \times 10^{-10} \cdot 0,15} \\ &= 8,6 \times 10^{-6} \text{ M} \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi ion H^+ dalam larutan HCN adalah $8,6 \times 10^{-6}$ M.

Hubungan derajat ionisasi asam (α) dengan harga K_a

Suatu asam lemah HA dengan konsentrasi a molar membentuk ion H^+ dan A^- dengan derajat ionisasi $= \alpha$. Secara matematis hubungan K_a dengan α dapat dijelaskan sebagai berikut.

	$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$		
Mula-mula	$a \text{ mol}$	-	-
Bereaksi	$a\alpha$		
Hasil reaksi		$a\alpha$	$a\alpha$
Mol zat pada kesetimbangan	$a(1 - \alpha)$	$a\alpha$	$a\alpha$

Oleh karena α sangat kecil maka pada asam lemah harga $(1 - \alpha)$ dianggap = 1 atau sama dengan konsentrasi asam mula-mula.

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

$$K_a = (a\alpha^2)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{a}}$$

$a = C_a =$ konsentrasi asam mula-mula

$$\text{Jadi } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} \Leftrightarrow K_a = C_a \cdot \alpha^2$$

Substitusikan ke rumus $[H^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$ maka didapat $[H^+] = \sqrt{C_a \cdot \alpha^2 \cdot C_a}$

$$[H^+] = C_a \cdot \alpha$$

Contoh Soal

- Berapa konsentrasi H^+ , $HCOO^-$, dan $HCOOH$ dalam larutan asam formiat 0,1 M, jika derajat ionisasinya 1,5%.

Penyelesaian:

Reaksi ionisasi	$HCOOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCOO^-(aq)$		
Konsentrasi awal	0,1 M	-	-
Terionisasi	$1,5\% \times 0,1$ $1,5 \times 10^{-3}$	-	-
Hasil reaksi		$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Konsentrasi akhir	$(10^{-1} - 1,5 \cdot 10^{-3})$ 0,0985 M	0,0015 M	0,0015 M

Jadi $[H^+] = 0,0015 \text{ M}$

$[HCOO^-] = 0,0015 \text{ M}$

$[HCOOH] = 0,0985 \text{ M}$

2. Derajat ionisasi asam cuka 0,1 M adalah 1%. Berapa $[H^+]$ dan K_a asam cuka tersebut?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}[H^+] &= C_a \cdot \alpha \\ &= 0,1 \cdot 0,01 \\ &= 0,001 = 10^{-3} \text{ M}\end{aligned}$$

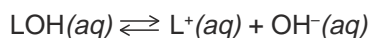
$$\begin{aligned}K_a &= C_a \times \alpha^2 \\ &= 0,1 \times (0,01)^2 = 10^{-5}\end{aligned}$$

Jadi, $[H^+] = 10^{-3} \text{ M}$ dan $K_a = 10^{-5}$.

4. Konstanta Ionisasi Basa Lemah

Harga konstanta ionisasi basa (K_b) dapat ditentukan berdasarkan persamaan reaksi ionisasinya. Basa lemah umumnya sukar larut dalam air, satu-satunya basa lemah yang larut baik dalam air adalah larutan NH_4OH .

Untuk menentukan konsentrasi OH^- sama dengan cara menentukan konsentrasi H^+ , yaitu menggunakan harga K_b . Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



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

Karena $[OH^-] = [L^+]$ maka

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[LOH]} \rightarrow [OH^-]^2 = K_b [LOH]$$

LOH yang terurai sangat sedikit, maka $[LOH]$ sisa = $[LOH]$ mula-mula = C_b .

Maka $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$

Berdasarkan rumus, makin besar K_b maka $[OH^-]$ makin besar atau sifat basa makin kuat. Jadi, dapat disimpulkan:

Makin besar K_b , sifat basa makin kuat.

Harga tetapan ionisasi basa dari beberapa basa lemah pada suhu $25^\circ C$ dapat dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Harga K_b basa lemah

Nama Basa	Rumus Kimia	K_b
Amonia	NH_3	$1,8 \times 10^{-5}$
Etilamin	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,7 \times 10^{-4}$
Dimetilamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,1 \times 10^{-4}$
Anilin	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,2 \times 10^{-10}$
Hidrazin	N_2H_4	$1,7 \times 10^{-6}$
Piridin	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,4 \times 10^{-9}$
Urea	NH_2CONH_2	$1,5 \times 10^{-14}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Hubungan derajat ionisasi basa (α) dengan harga K_b

Misalkan suatu basa lemah LOH dengan konsentrasi b molar, LOH akan terionisasi sebagian dengan derajat ionisasi α membentuk L^+ dan OH^- . $[\text{OH}^-]$ untuk basa lemah dapat ditentukan, yaitu dengan penurunan rumus seperti pada asam lemah, sehingga didapat hubungan:

$$[\text{OH}^-] = C_b \cdot \alpha$$

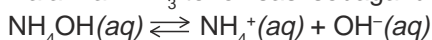
C_b = konsentrasi awal basa

Contoh Soal

1. Tentukan $[\text{OH}^-]$ yang terdapat dalam larutan amonia 0,5 M jika diketahui $K_b \text{ NH}_3 = 1,8 \times 10^{-5}$.

Penyelesaian:

Dalam air NH_3 terionisasi sebagai berikut.



$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= \sqrt{K_b \cdot C_b} \\ &= \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,5} \\ &= \sqrt{9 \times 10^{-6}} \\ &= 3 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi ion OH^- dalam larutan amonia 0,5 M adalah 3×10^{-3} M.

2. Suatu larutan basa lemah NH_4OH 0,1M dalam air terionisasi 1%.
Tentukan : a. jumlah $[\text{OH}^-]$ yang terbentuk,
b. harga K_b !

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{a. } [\text{OH}^-] &= C_b \cdot \alpha \\ &= 0,1 \cdot 0,01 \\ &= 0,001 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{b. } [\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$$

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_b} = \frac{(0,001)^2}{0,1} = 1 \cdot 10^{-5}$$

Jadi, jumlah $[\text{OH}^-]$ yang terbentuk = 0,001 M dan harga $K_b = 1 \cdot 10^{-5}$.

Latihan 7.2

Selesaikan soal-soal berikut!

- Diketahui lima buah asam sebagai berikut.
HA, $K_a = 2 \times 10^{-3}$
HB, $K_a = 2 \times 10^{-3}$
HC, $K_a = 3 \times 10^{-2}$
HD, $K_a = 3 \times 10^{-5}$
HE, $K_a = 5 \times 10^{-5}$
Susunlah kelima asam di atas berdasarkan menurunnya kekuatan asam!
- Hitung konsentrasi H^+ atau OH^- pada larutan berikut.
 - 100 mL HNO_3 0,05 M
 - 0,005 mol H_2SO_4 dalam 250 mL larutan.
 - 0,01 mL $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dalam 500 mL.
 - 2 gram NaOH dalam 100 mL larutan.
- Hitung α dari asam lemah HClO 1M yang mempunyai harga $K_a = 3,5 \times 10^{-8}$.
- 3,4 gram NH_3 ($M_r = 17$) dilarutkan ke dalam air sehingga volum larutan menjadi 2 liter, jika $K_b \text{NH}_3(aq) = 1,8 \times 10^{-5}$ tentukan :
 - konsentrasi NH_4^+ dan OH^- ,
 - α (derajat ionisasi).
- Dari pengukuran hantaran listrik larutan asam cuka CH_3COOH 0,1 M diketahui derajat ionisasi molekul-molekul asam cuka 1,32%.
Tentukan harga K_a dan konsentrasi H^+ .

C. Perhitungan pH Larutan

pH larutan ditentukan oleh besarnya konsentrasi ion H^+ yang terdapat pada larutan. Bagaimana hubungan harga pH dengan konsentrasi ion H^+ ini? Coba perhatikan data hasil pengujian pH asam dan basa pada berbagai konsentrasi pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3 pH beberapa asam dan basa dalam berbagai konsentrasi

Larutan	HCl 0,1M	HCl 0,01 M	CH ₃ COOH 0,1M	Air murni	NH ₃ 0,1M	NaOH 0,01M	NaOH 0,1M
[H ⁺] (M)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁷	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³
pH	1	2	3	7	11	12	13

Dari data percobaan didapat hubungan sebagai berikut:

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

$$[H^+] = 0,01 \text{ M} = 10^{-2}, \text{ pHnya} = 2$$

$$[H^+] = 0,001 \text{ M} = 10^{-3}, \text{ pHnya} = 3$$

Secara matematika hubungan harga pH dengan [H⁺], yaitu:

$$1 = -\log 10^{-1}$$

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

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

Maka dapat disimpulkan: $\text{pH} = -\log [H^+]$

Bagaimana hubungan [OH⁻] dengan pOH? Seperti pada pH hubungan [OH⁻] dengan pOH ditulis:

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

Bagaimana hubungan pH dengan pOH larutan?

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

$$-\log K_w = -\log [H^+] + -\log [OH^-]$$

Jadi $\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$

Pada suhu 25°C, $\text{p}K_w = 14$, jadi $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.

Berdasarkan hubungan pH dan pOH di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Larutan bersifat netral, jika $[H^+] = [OH^-]$ atau $\text{pH} = \text{pOH} = 7$
2. Larutan bersifat asam, jika $[H^+] > [OH^-]$ atau $\text{pH} < 7$
3. Larutan bersifat basa, jika $[H^+] < [OH^-]$ atau $\text{pH} > 7$

Harga pH dari berbagai larutan dan bahan-bahan di sekitar kita dapat dilihat pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Harga pH berbagai larutan/bahan

Larutan/Bahan	pH
Cairan lambung manusia	1,0 – 3,0
Cuka	2,5 – 3,4
Orange juice	3,5 – 4
Juice tomat	4,0 – 4,4
Air susu sapi	6,3 – 6,6
Amoniak di rumah (1–5%)	10,0 – 11,5
Soda kue	8,4 – 9,0
Air Kapur	11,0 – 12,6

Untuk memahami perhitungan harga pH larutan, perhatikan contoh berikut.

Contoh Soal

1. Suatu larutan asam mempunyai konsentrasi $H^+ = 10^{-2}$ M, tentukan harga pH larutan tersebut.

Penyelesaian:

$$[H^+] = 10^{-2} \text{ M}$$

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

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

Jadi, pH larutan = 2.

2. Suatu larutan basa mempunyai konsentrasi $OH^- = 5 \times 10^{-3}$ M, tentukan harga pOH dan pH.

Penyelesaian:

$$[OH^-] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

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

$$= -\log [5 \cdot 10^{-3}]$$

$$= -[\log 5 + \log 10^{-3}]$$

$$= 3 - \log 5$$

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - pOH$$

$$= 14 - (3 - \log 5)$$

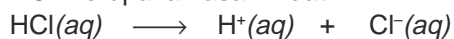
$$= 11 + \log 5$$

Jadi, pOH = $3 - \log 5$ dan pH = $11 + \log 5$.

3. Tentukan pH dari 500 mL larutan HCl 0,2 M.

Penyelesaian:

HCl merupakan asam kuat



$$0,2 \text{ M} \qquad \qquad 0,2 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= 0,2 \text{ M} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\
 &= -\log 2 \cdot 10^{-1} = 1 - \log 2
 \end{aligned}$$

Jadi pH larutan HCl 0,2 M = 1 - log 2.

4. 100 mL larutan HBr 0,1 M diencerkan dengan air 100 mL.
Tentukan: a. pH mula-mula,
b. pH setelah diencerkan.

Penyelesaian:

- a. pH mula-mula:

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= [\text{HBr}] = 0,1 \text{ M} = 10^{-1} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\
 \text{pH} &= -\log 10^{-1} = 1
 \end{aligned}$$

- b. pH setelah diencerkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Mol HBr mula-mula} &= 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ mmol} = 0,010 \text{ mol} \\
 \text{Volum larutan} &= 100 \text{ mL} + 100 \text{ mL} = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L} \\
 \text{Konsentrasi HBr setelah diencerkan:}
 \end{aligned}$$

$$[\text{HBr}] = \frac{0,010 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= [\text{HBr}] = 0,05 = 5 \cdot 10^{-2} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] = -\log 5 \cdot 10^{-2} = 2 - \log 5
 \end{aligned}$$

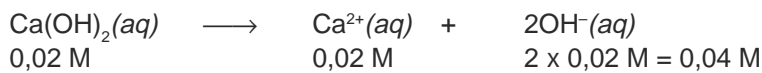
Jadi, pH mula-mula = 1 dan pH setelah diencerkan = 2 - log 5.

5. Tentukan pH larutan jika 0,37 gram kalsium hidroksida dilarutkan dalam air sampai volum 250 mL.

Penyelesaian:

$$0,37 \text{ gram Ca(OH)}_2 = \frac{0,37}{74} = 0,005 \text{ mol}$$

$$[\text{Ca(OH)}_2] = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = 0,02 \text{ M}$$



$$[\text{OH}^-] = 0,04 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\
 &= -\log 4 \times 10^{-2} = 2 - \log 4
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 14 - (2 - \log 4) \\
 &= 12 + \log 4
 \end{aligned}$$

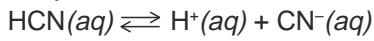
Jadi, pH larutan = 12 + log 4.

Untuk menghitung pH asam lemah atau basa lemah, harus dicari dulu $[H^+]$ dan $[OH^-]$ dengan rumus: $[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$ dan $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$.

Contoh Soal

1. Hitunglah pH larutan HCN 0,01 M (K_a HCN = $4,9 \times 10^{-10}$)

Penyelesaian:



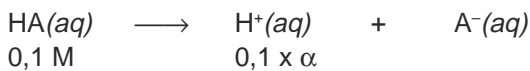
$$\begin{aligned} [H^+] &= \sqrt{K_a \times C_a} \\ &= \sqrt{4,9 \times 10^{-10} \times 10^{-2}} \\ &= 2,2 \times 10^{-6} \text{ M} \\ \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log 2,2 \cdot 10^{-6} = 6 - \log 2,2 \\ &= 6 - 0,3 = 5,66 \end{aligned}$$

Jadi, pH larutan = 5,66.

2. Suatu asam lemah dengan harga $\alpha = 0,01$ dan konsentrasi asam = 0,1 M. Hitunglah pH larutan asam tersebut.

Penyelesaian:

Misalkan asam lemah = HA



$$0,1 \text{ M} \qquad \qquad 0,1 \times \alpha$$

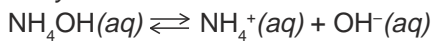
$$[H^+] = 0,1 \times 0,01 = 10^{-3} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log 10^{-3} \\ &= 3 \end{aligned}$$

Jadi, pH asam = 3.

3. Hitung pH larutan 0,01 M NH_4OH (K_b $\text{NH}_4\text{OH} = 1,8 \times 10^{-5}$).

Penyelesaian:



$$\begin{aligned} [OH^-] &= \sqrt{K_b \times C_b} \\ &= \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,01} \\ &= 4,2 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log 4,2 \times 10^{-4} \\ &= 4 - \log 4,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 - \text{pOH} \\ &= 14 - (4 - \log 4,2) \\ &= 10 + \log 4,2 \\ &= 10,6 \end{aligned}$$

Jadi, pH larutan = 10,6.

Latihan 7.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Hitung pH dan pOH dari zat berikut.
 - a. Larutan asam HA $1,0 \times 10^{-9}$ M.
 - b. Larutan amonia yang ada di rumah dengan konsentrasi OH^- 2×10^{-12} M.
 - c. *Soft drink* yang mengandung $[H^+]$ 25×10^{-5} M.
2. Hitung pH dan pOH larutan berikut.
 - a. 300 mL 0,05 M HCl.
 - b. 2 liter 0,001 M H_2SO_4 .
 - c. 500 mL 0,0001 M $Ca(OH)_2$.
3. Hitung konsenrasi H^+ dan OH^- dari larutan berikut.
 - a. Larutan HNO_3 yang mempunyai pH 2,5.
 - b. Larutan basa $Ba(OH)_2$ yang mempunyai pH 11,7.
 - c. Air hujan di daerah industri yang mempunyai pH 5,2.
4. Hitung pOH dan pH larutan jika 2 gram NaOH terdapat dalam 500 mL larutan!
5. Larutan basa mempunyai pH 12. Berapa gram NaOH harus ditambahkan ke dalam 1 liter larutan tersebut supaya pH larutan berubah menjadi 13?

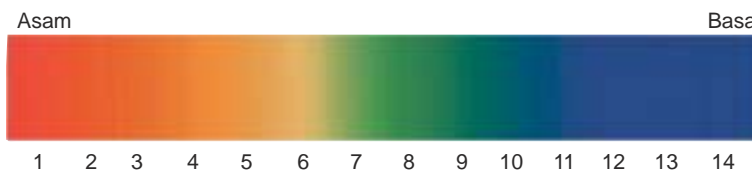
D. Trayek pH Indikator

Indikator asam-basa adalah zat yang berbeda warna pada suasana asam dan basa. Indikator asam-basa yang berbentuk kertas contohnya lakmus merah dan lakmus biru. Lakmus dapat mengidentifikasi larutan asam atau basa tetapi tidak sampai menentukan harga pH nya. Untuk mengidentifikasi harga pH dikenal indikator universal baik berupa kertas maupun cair.

Setiap indikator dilengkapi dengan pita warna yang menunjukkan skala pH . Penggunaan pita warna untuk menguji pH harus satu produk dengan indikatornya, karena setiap merk kadang-kadang ada perbedaan.

Trayek warna pH indikator asam-basa ada yang dari warna merah ke biru dan dari warna merah ke ungu.

Contoh indikator universal warna adalah seperti Gambar 7.2.



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2005

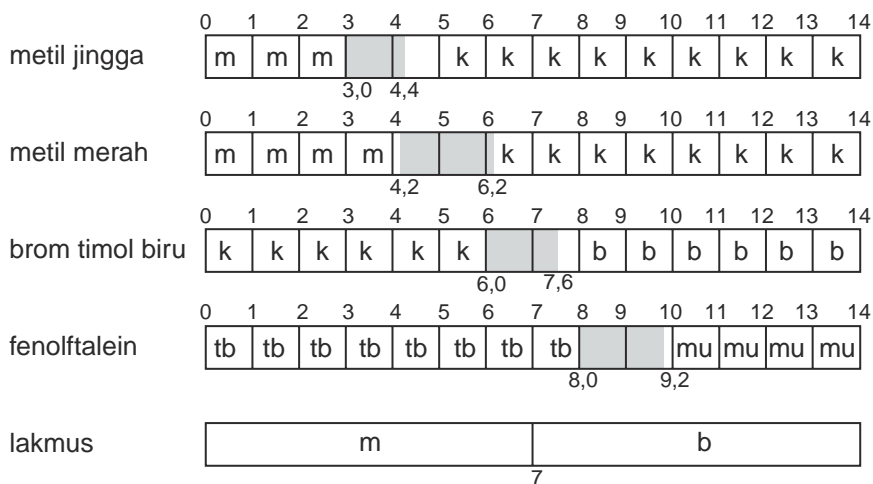
Gambar 7.2 Warna pada indikator universal

Warna indikator pada setiap pH tertera pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5 Warna indikator universal pada berbagai pH

pH	Warna Indikator Universal	pH	Warna Indikator Universal
1	Merah	8	Hijau biru
2	Merah	9	Hijau biru
3	Merah muda	10	Biru
4	Merah jingga	11	Biru
5	Jingga	12	Biru
6	Kuning	13	Biru
7	Hijau	14	Biru

Ada pula indikator yang berubah warna pada pH tertentu. Harga pH tersebut disebut trayek pH indikator. Trayek pH indikator metil jingga, metil merah, brom timol biru, dan fenolftalein dapat dilihat pada Gambar 7.3



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Catatan:

m = merah, k = kuning, b = biru, tb = tidak berwarna, mu = merah ungu

Gambar 7.3 Trayek pH beberapa indikator

Trayek pH indikator tersebut ditulis sebagai berikut.

Indikator	Trayek pH
Metil jingga	3,0 – 4,4
Metil merah	4,2 – 6,2
Brom timol biru	6,0 – 7,8
Fenolftalein	8,0 – 9,2

pH suatu larutan juga dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa indikator, kemudian diamati warna indikator dengan larutan tersebut, setelah itu baru diperkirakan harga pHnya.

Contoh:

Suatu larutan diuji dengan indikator metil jingga, brom timol biru, dan lakmus. Data perubahan warna pada indikator adalah sebagai berikut.

Indikator	Warna
Lakmus merah	Merah
Lakmus biru	Merah
Metil jingga	Kuning
Brom timol biru	Kuning

Perkirakan trayek pH larutan tersebut!

Penyelesaian:

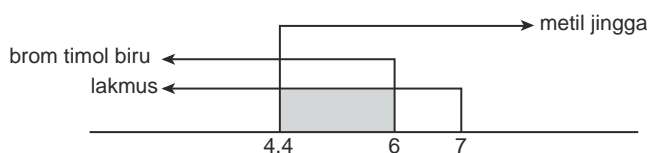
Perhatikan tabel trayek pH indikator:

Lakmus merah warnanya merah maka $pH < 7$

Lakmus biru warnanya merah maka $pH < 7$

Metil jingga warnanya kuning trayek $pH > 4,4$

Brom timol biru warnanya kuning, trayek $pH < 6$



Trayek pH larutan adalah 4,4 – 6.

Latihan 7.4

Perhatikan diagram trayek pH indikator apabila suatu larutan X diuji harga pH-nya dengan menggunakan indikator metil jingga, ternyata didapatkan hasil: metil jingga berwarna kuning, metil merah berwarna kuning, dan fenolftalein tidak berwarna.

- Berapa pH larutan X tersebut? Gambarkan dengan diagram!
- Apakah sifat larutan tersebut?
- Perkirakan konsentrasi H^+ dalam 100 mL larutan X!

INFO KIMIA

Air hujan secara alami bersifat asam dengan pH 5,4. Karbon dioksida dari udara larut dalam air hujan membentuk asam karbonat. Hujan asam mengandung asam kuat seperti asam sulfat dan asam nitrat yang berasal dari asap pabrik dan kendaraan. pH hujan asam dapat mencapai 2,4 sampai 5.

Rangkuman

1. pH larutan menunjukkan derajat keasaman, harga pH larutan antara 1–14.
2. pH larutan dapat ditentukan dengan menggunakan alat ukur pH seperti pH -meter dan indikator asam-basa.
3. Indikator yang sering digunakan yaitu indikator universal baik berupa kertas dalam pita, stick, atau bentuk cair.
4. Perhitungan konsentrasi ion H^+ dan OH^- dalam asam lemah dan basa lemah adalah: $[H^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$, $[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$
5. Hubungan ion H^+ dan OH^- dengan pH atau pOH dinyatakan:
 $pH = -\log [H^+]$, $pOH = -\log [OH^-]$, $pH + pOH = 14$.
6. Indikator asam-basa memiliki harga trayek pH yang berbeda-beda.
7. Kekuatan asam dan basa
 - a. Pada konsentrasi yang sama, asam kuat mempunyai pH yang lebih kecil daripada asam lemah.
 - b. Pada konsentrasi yang sama, basa kuat mempunyai pH yang lebih besar daripada basa lemah.
 - c. Makin kecil harga α sifat asam atau basa makin lemah.
8. Konstanta ionisasi asam lemah, makin besar K_a suatu asam, sifat asam makin kuat.
9. Tetapan kesetimbangan ionisasi basa lemah, makin besar K_b , sifat basa makin kuat.
10. $pH = -\log [H^+]$.
11. Indikator asam-basa adalah zat yang berbeda warna pada suasana asam dan basa.

Kata Kunci

- Derajat keasaman (pH)
- Indikator asam basa
- Derajat ionisasi (α)
- Konstanta ionisasi asam (K_a)
- Konstanta ionisasi basa (K_b)
- Konstanta kesetimbangan air (K_w)

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Perhatikan tabel K_a dari beberapa asam berikut.

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Asam	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HK
K_a	$6,2 \times 10^{-8}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-12}$	$1,8 \times 10^{-5}$	7×10^{-4}	$6,7 \times 10^{-5}$	$9,6 \times 10^{-7}$

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kekuatan asam adalah

- A. $HF > HE < HB$
 B. $HB < HE < HD$
 C. $HF < HG < HC$
 D. $HA > HF > HC$
 E. $HB < HK > HD$
2. Di antara larutan-larutan di bawah ini yang mempunyai harga $[H^+]$ paling besar adalah
- A. HCl 1 mol L^{-1}
 B. HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$
 C. CH_3COOH 1 mol L^{-1}
 D. CH_3COOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$
 E. H_2SO_4 $0,25 \text{ mol L}^{-1}$
3. Larutan asam metanoat $0,01 \text{ M}$ memiliki $K_a = 10^{-8}$. Derajat ionisasi asam adalah
- A. $0,001$
 B. $0,005$
 C. $0,01$
 D. $0,05$
 E. $0,10$
4. Suatu larutan basa lemah MOH mempunyai konsentrasi $0,1 \text{ M}$. Jika harga K_b basa lemah tersebut 10^{-5} , maka pH basa lemah tersebut adalah
- A. 3
 B. $7 - \log 5$
 C. $7 + \log 5$
 D. 11
 E. $11 + \log 5$
5. Dalam larutan $Ca(OH)_2$ $0,05 \text{ M}$, besarnya konsentrasi OH^- adalah
- A. $0,025 \text{ M}$
 B. $0,050 \text{ M}$
 C. $0,1 \text{ M}$
 D. $0,25 \text{ M}$
 E. $0,50 \text{ M}$
6. Jika larutan P memiliki $pH = 5$ dan larutan Q memiliki $pH = 6$, perbandingan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan P dan Q adalah
- A. $1 : 0,1$
 B. $1 : 2$
 C. $1 : 10$
 D. $5 : 6$
 E. $\log 5 : \log 6$

7. Derajat keasaman (pH) larutan asam etanoat (CH_3COOH) $0,1\text{ M}$ ($K_a = 1,7 \times 10^{-5}$) adalah
- A. 2
B. 3
C. 4
D. 9
E. 10,5
8. Harga pH larutan NH_3 $0,1\text{ M}$ ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$) adalah
- A. 3
B. 5
C. 8
D. 11
E. 12
9. Larutan $0,74\text{ gram Ca(OH)}_2$ ($M_r = 74$) dalam 2 liter air adalah
- A. $2 - \log 2$
B. 2
C. 12
D. $12 + \log 2$
E. $13 - \log 2$
10. 100 mL larutan HCl $0,1\text{ M}$ mempunyai pH
- A. 1
B. 2
C. 3
D. 8
E. 13
11. Larutan di bawah ini yang memiliki harga pH terkecil adalah
- A. HCl $0,1\text{ M}$
B. H_2SO_4 $0,1\text{ M}$
C. H_2SO_4 $0,05\text{ M}$
D. CH_3COOH $0,1\text{ M}$ ($K_a = 1,7 \times 10^{-5}$)
E. CH_3COOH $0,05\text{ M}$ ($K_a = 1,7 \times 10^{-5}$)
12. Ke dalam 25 mL larutan asam lemah HA $0,1\text{ M}$ dan 25 mL larutan HCl $0,001\text{ M}$ masing-masing dimasukkan 2 tetes indikator universal, ternyata menghasilkan warna larutan yang sama, maka pH asam lemah HA adalah
- A. 1
B. 2
C. 2,5
D. 3
E. 3,5
13. pH suatu larutan basa lemah bervalensi satu adalah 10, maka konsentrasi ion OH^- dalam larutan tersebut adalah
- A. 10^{-14}
B. 10^{-10}
C. 10^{-4}
D. 10^{-2}
E. 10^{-1}
14. Larutan dengan konsentrasi sama yang mempunyai harga pH tertinggi adalah ($K_a CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$; $K_b NH_3(aq) = 1,8 \times 10^{-5}$).
- A. HCl
B. CH_3COOH
C. NH_3
D. KOH
E. $Ca(OH)_2$

15. Larutan HCl dalam air dengan $pH = 2$ akan berubah menjadi $pH = 3$ bila diencerkan
- A. 10 kali D. 2,5 kali
 B. 5 kali E. 1,5 kali
 C. 3 kali
16. Suatu larutan harga pH -nya 1. Berapa gram NaOH ($M_r = 40$) yang harus ditambahkan pada satu liter larutan agar pH -nya naik menjadi 3? (Penambahan volum diabaikan)
- A. 0,04 gram D. 4,00 gram
 B. 0,40 gram E. 7,96 gram
 C. 3,96 gram
17. Trayek pH indikator brom timol biru dan metil jingga adalah sebagai berikut.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
brom timol biru	k	k	k	k	k	k	k			b	b	b	b	b	
metil jingga	m	m	m	m			k	k	k	k	k	k	k	k	
					3,1	4,4				7,6					

Jika suatu larutan diberi indikator metil jingga maupun brom timol biru menunjukkan warna kuning, maka perkiraan trayek pH larutan tersebut adalah

- A. 4,4 D. 6 – 8
 B. 6 E. 4,4 – 6
 C. 6
18. Data trayek pH dan perubahan warna beberapa indikator adalah sebagai berikut.

Larutan	Trayek pH	Warna
Metil jingga	3,2 – 4,4	Merah - kuning
Metil merah	4,8 – 6,0	Merah - kuning
Brom timol biru	6,0 - 7,6	Kuning - biru
Fenolftalein	8,2 – 10	Tidak berwarna

Warna yang terjadi jika larutan indikator ditetaskan pada larutan Na_2CO_3 adalah

- A. metil jingga kuning, fenolftalein tidak berwarna
 B. metil merah merah, fenolftalein merah
 C. brom timol biru biru, metil jingga kuning
 D. brom timol biru kuning, fenolftalein merah
 E. metil jingga merah, fenolftalein merah

19. Harga pH suatu larutan adalah X . Bila larutan tersebut diencerkan hingga volumenya 1000 kali volum semula, maka pH larutan menjadi 6. Besarnya X adalah
- A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5
20. Larutan asam asetat ($K_a = 1,7 \times 10^{-5}$) mempunyai harga pH yang sama dengan larutan HCl 2×10^{-3} M. Konsentrasi larutan asam asetat adalah
- A. 0,10 M
B. 0,23 M
C. 0,25 M
D. 0,40 M
E. 1,15 M

B. Selesaikan soal-soal berikut dengan jelas dan singkat.

- Tentukan konsentrasi H^+ beberapa larutan berikut.
 - 100 mL larutan HBr 0,03 M.
 - 2 liter larutan H_2SO_4 0,05 M.
 - 100 mL larutan $Ca(OH)_2$ 0,04 M.
 - 3,65 gram HCl ($M_r = 36,5$) dalam air hingga volum 2 liter.
- Jika larutan KOH 10^{-2} M memiliki pH yang sama dengan larutan LOH 0,1 M, tentukan tetapan ionisasi basa LOH tersebut!
- Diketahui 200 mL larutan CH_3COOH 0,1 M dengan harga $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$, tentukanlah harga pH dan α dari larutan tersebut!
- 3 gram asam cuka CH_3COOH ($M_r = 60$) dilarutkan dalam air hingga volum larutan 250 mL. Jika $K_a CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$ tentukanlah harga $[H^+]$ dan α dari larutan tersebut dalam persentase!
- Tentukan pH dari larutan berikut:
 - Larutan HF 10^{-2} M, $K_a HF = 6,8 \times 10^{-4}$
 - Larutan $Ba(OH)_2$ 10^{-4} M
 - Larutan NH_4OH 10^{-3} , $K_b NH_4OH = 1,8 \times 10^{-5}$
 - 2 liter larutan yang mengandung 9,8 gram H_2SO_4 ($M_r = 98$)!

Tugas

Lakukan penelitian pH dari berbagai bahan yang ada di rumah, misalnya tanah, air hujan, air sungai, air mineral, *soft drink*, sabun mandi, detergen, sabun muka, dan pasta gigi. Gunakan indikator universal secukupnya.