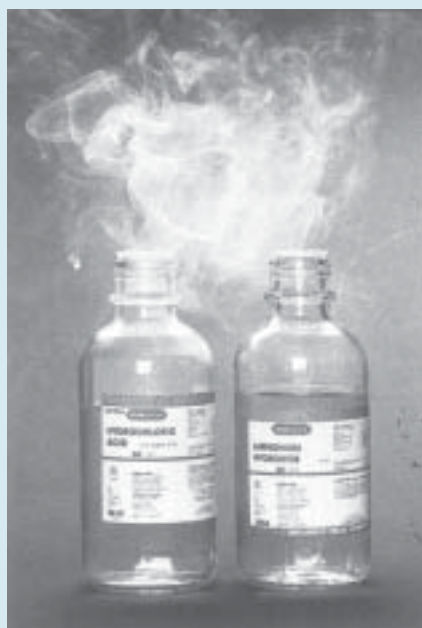


Bab X

Hidrolisis Garam



Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry With Qualitative Analysis*

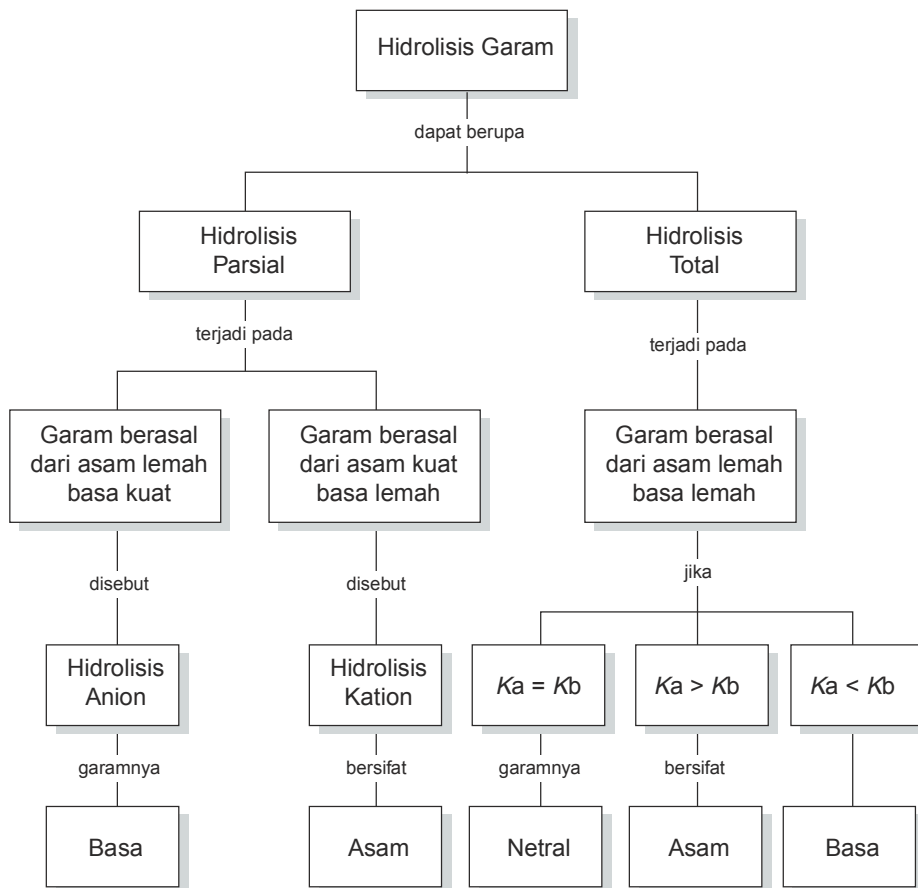
Awan putih yang terlihat adalah NH_4Cl yang dihasilkan dari reaksi HCl dan NH_3 pekat. NH_4Cl merupakan garam yang terhidrolisis.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan ciri-ciri garam terhidrolisis,
2. menjelaskan reaksi-reaksi hidrolisis,
3. menjelaskan terjadinya hidrolisis garam berdasarkan grafik titrasi asam-basa,
4. menghitung pH garam yang terhidrolisis.

PETA KONSEP



Kalau kita makan, karbohidrat akan terhidrolisis dengan bantuan berbagai enzim menjadi glukosa. Bagaimana dengan garam dapur apakah mengalami hidrolisis? Hidrolisis berasal dari kata hidro (air) dan lisis (penguraian), sehingga hidrolisis dapat diartikan sebagai penguraian suatu senyawa oleh air atau reaksi suatu senyawa dengan air.

Banyak jenis garam yang dibentuk dari berbagai asam dan basa ini mengalami hidrolisis. Garam bagaimana yang dapat mengalami hidrolisis? Apa penyebabnya? Bagaimana dengan pH larutan garam yang terhidrolisis? Pada bab ini akan diuraikan tentang garam-garam yang terhidrolisis dan pH larutan garam.

A. Ciri-Ciri Garam yang Terhidrolisis

Untuk mengenal ciri-ciri garam yang terhidrolisis dapat ditentukan melalui sifat asam dan basa pembentuk garam tersebut. Bagaimana caranya? Lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 10.1 Eksperimen

Hidrolisis Garam

Untuk menguji garam yang mengalami hidrolisis dan yang tidak terhidrolisis, lakukan kegiatan berikut.

- Ujilah larutan garam-garam berikut dengan lakmus merah dan lakmus biru, tentukan sifat masing-masing larutan.
 CH_3COONa , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2CO_3 , NaCl dan KCl
- Tentukan sifat asam dan sifat basa pembentuk garam tersebut.
- Buatlah laporan dalam bentuk tabel.
- Carilah hubungan antara sifat asam-basa larutan garam dengan sifat asam basa pembentuknya.

Data pengujian asam-basa larutan garam dengan lakmus dapat dilihat pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Data pengujian asam-basa larutan garam dengan lakmus

Jenis Garam	Warna Kertas Lakmus		Sifat Larutan	pH
	Merah	Biru		
CH_3COONa	Biru	Biru	Basa	> 7
NH_4Cl	Merah	Merah	Asam	< 7
$\text{CH}_3\text{COONH}_4$	Merah	Biru	Netral	= 7
NaCl	Merah	Biru	Netral	= 7

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Larutan CH_3COONa bersifat basa, NH_4Cl bersifat asam sedangkan NaCl dengan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ netral. Mengapa sifat larutan-larutan tersebut berbeda?

CH_3COONa dan NH_4Cl mengalami hidrolisis sedangkan NaCl tidak terhidrolisis. Bagaimana ini dapat dijelaskan? Perhatikan uraian berikut.

1. Larutan Garam CH_3COONa

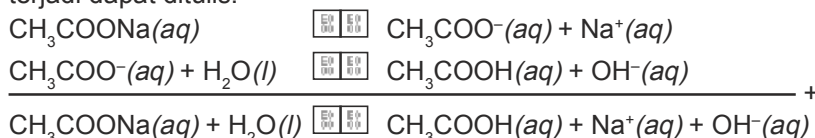
Larutan garam CH_3COONa di dalam air akan terionisasi sebagai berikut.

$$\text{CH}_3\text{COONa}(aq) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{Na}^+(aq)$$

Ion CH_3COO^- akan bereaksi dengan air membentuk CH_3COOH dan OH^- .



Di dalam larutan terdapat ion OH^- maka larutan bersifat *basa*. Reaksi yang terjadi dapat ditulis:



CH_3COONa berasal dari asam lemah CH_3COOH dan basa kuat NaOH , garam ini mengalami *hidrolisis sebagian*.

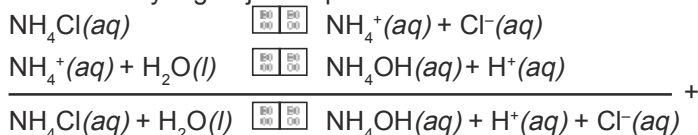
2. Larutan Garam NH_4Cl

Larutan garam NH_4Cl di dalam air akan terionisasi sebagai berikut.

$$\text{NH}_4\text{Cl}(aq) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$$

Ion NH_4^+ akan bereaksi dengan air membentuk NH_4OH dan H^+ . Di dalam larutan terdapat ion H^+ maka larutan NH_4Cl bersifat asam.

Reaksi yang terjadi dapat ditulis:



NH_4Cl berasal dari basa lemah NH_3 dan asam kuat HCl , garam ini mengalami *hidrolisis sebagian*.

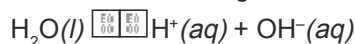
3. Larutan Garam NaCl

Larutan garam NaCl bersifat netral artinya jumlah ion H^+ pada larutannya sama dengan jumlah ion OH^- .

NaCl dalam air terionisasi sebagai berikut.



Air terionisasi sebagai berikut.



Antara ion-ion Na^+ , Cl^- dengan air tidak ada yang bereaksi sehingga jumlah ion H^+ dan OH^- dalam larutan akan sama, dan larutan menjadi netral.

NaCl dibentuk dari basa kuat NaOH dan asam kuat HCl, garam ini tidak mengalami hidrolisis.

4. Larutan Garam $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

Larutan garam $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ bersifat netral, artinya jumlah ion H^+ pada larutan sama dengan jumlah ion OH^- .

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ dalam larutan terurai sebagai berikut.



Kedua ion bereaksi dengan air, dengan reaksi sebagai berikut.



K_a CH_3COOH sama dengan K_b NH_3 maka OH^- dan H^+ yang ada dalam larutan jumlahnya sama. Oleh karena itu larutan bersifat *netral*. Reaksi hidrolisis pada garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah mengalami *hidrolisis total*. Sifat larutan garam ini bergantung pada harga K_a dan K_b asam-basa pembentuknya.

Dari uraian tersebut ciri-ciri garam yang mengalami hidrolisis adalah sebagai berikut.

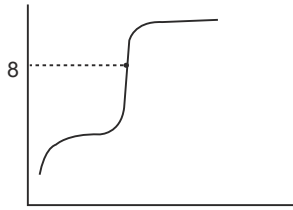
1. Garam yang dibentuk dari asam lemah dengan basa kuat.
2. Garam yang dibentuk dari basa lemah dengan asam kuat.
3. Garam yang dibentuk dari asam lemah dengan basa lemah.

Sifat asam-basa larutan garam bergantung pada kekuatan asam-basa pembentuknya.

1. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat bersifat basa.
2. Garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat bersifat asam.
3. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah sifatnya bergantung dari K_a dan K_b asam-basa pembentuknya.

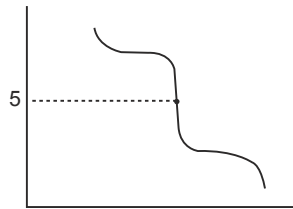
Hidrolisis pada garam-garam dapat buktikan pula melalui data titrasi asam lemah oleh basa kuat atau basa lemah oleh asam kuat. Bagaimana caranya?

Perhatikan grafik titrasi CH_3COOH dengan NaOH pada Gambar 10.1 dan grafik titrasi NH_3 dengan HCl pada Gambar 10.2.



Gambar 10.1 Grafik titrasi CH_3COOH dengan NaOH

Mengapa titik ekuivalen pada titrasi CH_3COOH dengan NaOH terjadi pada pH 8? Pada titik ekuivalen terjadi larutan CH_3COONa dalam air. CH_3COONa mengalami hidrolisis sehingga terjadi ion OH^- . Dengan adanya ion OH^- maka pH larutan > 7 atau larutan garam bersifat basa.



Gambar 10.2 Grafik titrasi NH_3 dengan HCl

Pada titras NH_3 dengan HCl , titik ekuivalen terjadi pada pH 5. Mengapa demikian? Pada titik ekuivalen terjadi larutan NH_4Cl . NH_4Cl dalam air mengalami hidrolisis sehingga terjadi ion H^+ , yang menyebabkan pH larutan < 7 atau larutan garam bersifat asam.

Latihan 10.1

Tulis reaksi hidrolisis dan tentukan sifat larutannya untuk garam-garam berikut.

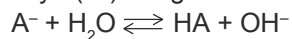
- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| a. CH_3COOK | d. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| b. NaCO_3 | e. AlCl_3 |
| c. NaCN | f. CH_3COOCN |

B. Hubungan K_h , K_w dengan $[\text{OH}^-]$ atau $[\text{H}^+]$ Larutan Garam yang Terhidrolisis

Sifat larutan garam yang terhidrolisis bergantung dari asam dan basa pembentuknya. Demikian pula harga OH^- dan H^+ dari larutan tersebut. Bagaimana hubungan K_h (tetapan hidrolisis), K_w (tetapan kesetimbangan air) dengan $[\text{OH}^-]$ atau $[\text{H}^+]$?

1. Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Kuat

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat bersifat basa, contohnya Na_2CO_3 , CH_3COOK , dan NaCN . Pada garam ini yang mengalami hidrolisis adalah anionnya (A^-) dengan reaksi:



Penentuan $[\text{OH}^-]$ dari larutan garam tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Untuk asam lemah: } K_a = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-][\text{H}_2\text{O}]}$$

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

$K.[\text{H}_2\text{O}]$ adalah suatu tetapan dan diberi simbol K_h (tetapan hidrolisis) sehingga persamaan di atas menjadi:

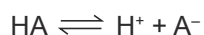
$$K_h = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \quad \text{.....(1)}$$

Kalau persamaan (1) ruas kanan dikalikan dengan $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$ persamaan menjadi

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \cdot \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]} \\ &= \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} \end{aligned}$$

$$K_h = \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} \cdot [\text{OH}^-][\text{H}^+] \quad \text{.....(2)}$$

HA di dalam air terdisosiasi menurut persamaan



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

$$\frac{[\text{HA}]}{[\text{H}^+][\text{A}^-]} = \frac{1}{K_a} \quad \text{.....(3)}$$

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

Berdasarkan persamaan 2 dan 3, maka didapat

$$K_h = \frac{1}{K_a} \cdot K_w \quad \text{atau} \quad K_h = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{.....(4)}$$

Oleh karena $K_h = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]}$ maka persamaan 4 menjadi:

$$\frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{K_w}{K_a}$$

$[HA] = [OH^-]$ maka persamaan menjadi:

$$\frac{[OH^-]^2}{[A^-]} = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{atau} \quad OH^- = \sqrt{\frac{K_w \cdot [A^-]}{K_a}}$$

dengan K_w = tetapan kesetimbangan air
 $[A^-]$ = konsentrasi A^- dari garam
 K_a = tetapan kesetimbangan asam

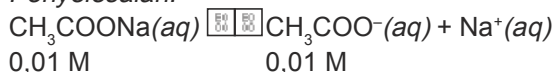
Perhitungan pOH dapat menggunakan rumus $pOH = -\log [OH^-]$, jadi didapat persamaan pOH sebagai berikut.

$$pOH = \frac{1}{2}(pK_w - pK_a - \log [A^-])$$

Contoh Soal

Tentukan konsentrasi OH^- pada larutan CH_3COONa 0,01 M dan hitung harga pH nya! ($K_a CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$).

Penyelesaian:



$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w [CH_3COO^-]}{K_a}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 10^{-2}}{1,7 \cdot 10^{-5}}} = 2,4 \cdot 10^{-6}$$

$$pOH = -\log 2,4 \cdot 10^{-6} = 5,6$$

$$pH = 14 - 5,6 = 8,4$$

Latihan 10.2

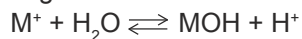
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konsentrasi OH^- dan pH 100 mL larutan CH_3COOK 0,003 M ($K_a CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$).
2. Tentukan pH 250 mL larutan yang mengandung 0,98 gram $NaCN$ ($K_a HCN = 5 \cdot 10^{-10}$).
3. Tentukan pH campuran 10 mL $NaOH$ 0,001 M dengan 10 mL CH_3COOH 0,001 M ($K_a CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$).
4. Tentukan pH campuran 20 mL larutan KOH 0,01 M dengan 10 mL larutan HCN 0,02 M, bila diketahui $K_a HCN = 1 \cdot 10^{-9}$.

2. Garam yang Berasal dari Basa Lemah dan Asam Kuat

Garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat bersifat asam contohnya NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, AlCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Penentuan $[\text{H}^+]$ pada larutan garam ini adalah sebagai berikut.

Pada garam ini yang mengalami hidrolisis adalah kationnya:



Tetapan hidrolisisnya:

$$K = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]}$$

$K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$ adalah tetapan yang dilambangkan dengan K_h maka persamaan di atas menjadi:

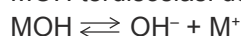
$$K_h = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} \quad \text{.....(1)}$$

Kalau pada persamaan (1) ruas kanan dikalikan $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$, persamaan menjadi:

$$K_h = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} \cdot \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$K_h = \frac{[\text{MOH}]}{[\text{M}^+][\text{OH}^-]} \cdot [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad \text{.....(2)}$$

MOH terdisosiasi dengan persamaan:



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

$$\frac{[\text{MOH}]}{[\text{M}^+][\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_b} \quad \text{.....(3)}$$

Dari persamaan 2 dan 3 didapat

$$K_h = \frac{1}{K_b} \cdot K_w$$

atau $K_h = \frac{K_w}{K_b}$

Oleh karena $K_n = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]}$ maka persamaan 4 menjadi:

$$\frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} = \frac{K_w}{K_b}$$

$[\text{MOH}] = [\text{H}^+]$ sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{M}^+]} = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{atau} \quad \text{H}^+ = \sqrt{\frac{K_w \cdot [\text{M}^+]}{K_b}}$$

dengan K_w = tetapan kesetimbangan air
 $[\text{M}^+]$ = konsentrasi M^+ dari garam
 K_b = tetapan kesetimbangan basa

Perhitungan pH dapat menggunakan rumus $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, jadi didapat persamaan pH sebagai berikut.

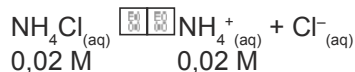
$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_w - \text{p}K_b - \log [\text{M}^+])$$

Contoh Soal

Tentukan konsentrasi H^+ dan pH dari 500 mL larutan yang mengandung 0,01 mol NH_4Cl ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

Penyelesaian:

$$\text{Konsentrasi larutan } \text{NH}_4\text{Cl} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,02 \text{ M}$$



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \cdot [\text{NH}_4^+]}{K_b}}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{1,8 \cdot 10^{-5}}}$$

$$= \sqrt{1,11 \cdot 10^{-11}}$$

$$= 3,3 \cdot 10^{-6}$$

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

$$= -\log 3,3 \cdot 10^{-6}$$

$$= 5,5$$

Latihan 10.3

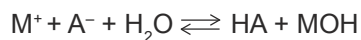
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konsentrasi H^+ dan pH larutan berikut :
 - a. $(NH_4)_2 SO_4$ 0,05 M ($K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$)
 - b. $(NH_4) NO_3$ 0,10 M ($K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$)
2. Tentukan pH 400 mL larutan yang mengandung 0,0535 g NH_4Cl ($K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$).
3. Tentukan pH campuran 20 mL HCl 0,04 M dengan 80 mL NH_4OH 0,01 M ($K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$).
4. Tentukan pH campuran dari 30 mL larutan NH_4OH 0,1 M dengan 15 mL larutan H_2SO_4 0,1 M bila diketahui $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

3. Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Lemah

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah sifatnya bergantung pada harga K_a dan K_b asam basa pembentuknya. Contoh: NH_4CN dan CH_3COONH_4 .

Garam ini mengalami hidrolisis total. Kation dan anion dari garam mengalami hidrolisis dengan reaksi:



Tetapan hidrolisisnya:

$$K = \frac{[HA][MOH]}{[M^+][A^-][H_2O]}$$

$$K \cdot H_2O = \frac{[HA][MOH]}{[M^+][A^-]}$$

Dengan penurunan rumus akan didapat rumus tetapan hidrolisis $K_h = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$.

$$pH = \frac{1}{2}(pK_w + pK_a - pK_b)$$

Jika $K_a = K_b$ larutan garam bersifat netral.

Jika $K_a > K_b$ larutan garam bersifat asam.

Jika $K_a < K_b$ larutan garam bersifat basa.

Latihan 10.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan pH larutan 0,01 M NH_4CN bila diketahui: $K_a HCN = 5 \cdot 10^{-10}$, $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$.
2. Tentukan pH campuran dari 50 mL larutan amonia 0,1 M dengan 50 mL larutan asam asetat 0,1 M bila diketahui $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_a CH_3COOH = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

INFO KIMIA

Tubuh manusia dapat menghidrolisis gula tebu menjadi glukosa dan fruktosa, tetapi tidak dapat menghidrolisis selulosa atau serat. Hewan dapat menghidrolisis selulosa atau serat maka makanan hewan seperti sapi dan kambing adalah rumput.

Rangkuman

1. Ciri-ciri garam yang terhidrolisis:
 - a. Garam yang terhidrolisis sebagian merupakan garam yang berasal dari asam lemah dengan basa kuat atau basa lemah dengan asam kuat.
 - b. Garam yang terhidrolisis total merupakan garam yang berasal dari asam lemah dengan basa lemah.
2. Perhitungan pH garam yang terhidrolisis:
 - a. Garam yang terhidrolisis sebagian:

- Garam yang bersifat asam

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [M^+]}$$

- Garam yang bersifat basa

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [A^-]}$$

- b. Garam yang terhidrolisis total

$$pH = \frac{1}{2} (pK_w + pK_a - pK_b)$$

Kata Kunci

- Hidrolisis
- Hidrolisis sebagian
- Hidrolisis total
- Hidrolisis kation
- Hidrolisis anion

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Air akan berubah harga pH nya menjadi lebih besar dari 7, jika ke dalam air tersebut dilarutkan

- | | |
|---------------------|--------------------|
| A. natrium sulfat | D. kalsium klorida |
| B. natrium karbonat | E. tembaga nitrat |
| C. natrium klorida | |