

Mata Pelajaran: Kimia

Materi Pokok: Keseimbangan Larutan

Jumlah Soal: 5 Soal Uraian HOTS

SOAL 1: SISTEM PENYANGGA INTRASELULER (BUFFER FOSFAT)

SOAL 1 — Penyangga & Aplikasi Medis

Literasi & Numerasi

Dalam cairan intraseluler tubuh manusia, nilai pH dijaga secara ketat pada kisaran 7,40 oleh sistem penyangga fosfat. Penyangga ini terdiri dari pasangan asam-basa konjugasi dihidrogen fosfat (H_2PO_4^-) dan hidrogen fosfat (HPO_4^{2-}). Seorang peneliti di laboratorium biomedis ingin membuat 500 mL larutan penyangga fosfat bermolaritas total 0,10 M dengan pH = 7,40. Diketahui nilai K_a dari H_2PO_4^- adalah $6,3 \times 10^{-8}$ ($pK_a = 7,20$), $M_r \text{NaH}_2\text{PO}_4 = 120 \text{ g/mol}$, dan $M_r \text{Na}_2\text{HPO}_4 = 142 \text{ g/mol}$. (Gunakan nilai $10^{0,20} \approx 1,58$).

Pertanyaan: Hitunglah massa NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4 (dalam gram) yang harus ditimbang dan dilarutkan hingga volume 500 mL untuk membuat penyangga tersebut!

PEMBAHASAN SOAL 1

1. Persamaan Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}\right)$$

$$7,40 = 7,20 + \log\left(\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}\right) \Rightarrow \log\left(\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}\right) = 0,20$$

$$\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 10^{0,20} = 1,58 \Rightarrow [\text{HPO}_4^{2-}] = 1,58 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

2. Konsentrasi Total Larutan Penyangga (0,10 M):

$$[\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,10 \text{ M}$$

$$1,58 [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,10 \Rightarrow 2,58 [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,10$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,10 / 2,58 \approx 0,0388 \text{ M}$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = 0,10 - 0,0388 = 0,0612 \text{ M}$$

3. Menghitung Mol dan Massa (Volume = 0,5 L):

- Untuk NaH_2PO_4 : $\text{mol} = 0,0388 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} = 0,0194 \text{ mol}$

$$\text{massa} = 0,0194 \text{ mol} \times 120 \text{ g/mol} = 2,328 \text{ gram}$$

- Untuk Na_2HPO_4 : $\text{mol} = 0,0612 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} = 0,0306 \text{ mol}$

$$\text{massa} = 0,0306 \text{ mol} \times 142 \text{ g/mol} = 4,345 \text{ gram}$$

SOAL 2: TITRASI ASAM LEMAH & HIDROLISIS GARAM

SOAL 2 — Titrasi Asam-Basa & Hidrolisis

Literasi Konseptual & Numerasi

Seorang siswa melakukan titrasi 25 mL larutan asam asetat (CH_3COOH) 0,10 M ($K_a = 1,0 \times 10^{-5}$) dengan larutan standar NaOH 0,10 M. Pada saat titik ekuivalen tercapai, seluruh asam asetat telah bereaksi sempurna dengan natrium hidroksida membentuk garam natrium asetat (CH_3COONa).

Pertanyaan: a) Berapa volume NaOH yang diperlukan untuk mencapai titik ekuivalen?

b) Hitung pH larutan tepat pada titik ekuivalen dan jelaskan secara singkat mengapa pH-nya bernilai di atas 7,0!

PEMBAHASAN SOAL 2

a. Menentukan Volume NaOH pada Titik Ekuivalen:

$$\text{mol asam} = \text{mol basa} \Rightarrow V_a \times M_a = V_b \times M_b$$

$$25 \text{ mL} \times 0,10 \text{ M} = V_b \times 0,10 \text{ M} \Rightarrow V_b = 25 \text{ mL}$$

b. Menghitung pH pada Titik Ekuivalen:

$$\text{Volume total larutan} = 25 \text{ mL} + 25 \text{ mL} = 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L.}$$

$$\text{mol } \text{CH}_3\text{COONa} = 25 \text{ mL} \times 0,10 \text{ M} = 2,5 \text{ mmol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 2,5 \text{ mmol} / 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ M} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ M}$$

Garam CH_3COONa mengalami hidrolisis anion: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{[(K_w / K_a) \times [\text{Garam}]]}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{[(10^{-14} / 10^{-5}) \times 5,0 \times 10^{-2}]} = \sqrt{[5,0 \times 10^{-11}]} = \sqrt{[50 \times 10^{-12}]} \approx 7,07 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log(7,07 \times 10^{-6}) = 6 - \log(7,07) \approx 5,15$$

$$\text{pH} = 14 - 5,15 = 8,85$$

Penjelasan: pH > 7 karena ion asetat (CH_3COO^-) terhidrolisis menghasilkan ion OH^- bebas di dalam larutan.

SOAL 3: EFEK ION SENAMA PADA KELARUTAN GARAM

SOAL 3 — Hasil Kali Kelarutan (K_{sp})

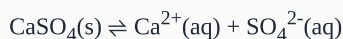
Numerasi Analitis

Kalsium sulfat (CaSO_4) digunakan secara luas sebagai bahan pembuat gips medis. Nilai hasil kali kelarutan (K_{sp}) CaSO_4 pada suhu 25°C adalah $2,4 \times 10^{-5}$. Kelarutan senyawa ini dapat mengalami penurunan tajam apabila terdapat keberadaan ion sejenis di dalam larutan.

Pertanyaan: Hitunglah perbandingan kelarutan CaSO_4 (dalam mol/L) di dalam air murni dibandingkan dengan kelarutannya di dalam larutan Na_2SO_4 0,10 M!

PEMBAHASAN SOAL 3

1. Kelarutan dalam Air Murni (s_1):



$$K_{sp} = s_1 \times s_1 = s_1^2 \Rightarrow s_1 = \sqrt{(2,4 \times 10^{-5})} = \sqrt{(24 \times 10^{-6})} \approx 4,9 \times 10^{-3} \text{ M}$$

2. Kelarutan dalam Larutan Na_2SO_4 0,10 M (s_2):

Larutan mengandung ion sejenis SO_4^{2-} dari Na_2SO_4 sebanyak 0,10 M.

$$[\text{Ca}^{2+}] = s_2; [\text{SO}_4^{2-}] = (s_2 + 0,10) \approx 0,10 \text{ M (karena } s_2 \ll 0,10)$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] \Rightarrow 2,4 \times 10^{-5} = s_2 \times 0,10 \Rightarrow s_2 = 2,4 \times 10^{-4} \text{ M}$$

3. Rasio Perbandingan Kelarutan:

SOAL 4: PREDIKSI PEMBENTUKAN ENDAPAN (QSP VS KSP)

SOAL 4 — Pengolahan Limbah & Pengendapan

Literasi Sains & Numerasi

Air limbah industri elektroplating mengandung ion seng (Zn^{2+}) dengan konsentrasi $2,0 \times 10^{-4} \text{ M}$. Sebelum dibuang ke badan air, limbah tersebut diolah dengan menambahkan natrium hidroksida (NaOH) hingga pH larutan naik menjadi 8,50. Diketahui nilai $K_{sp} \text{Zn(OH)}_2 = 3,0 \times 10^{-17}$ pada suhu 25°C .

Pertanyaan: Berdasarkan perhitungan nilai kuosien reaksi (Q_{sp}), buktikan secara matematis apakah pada pH 8,50 tersebut endapan Zn(OH)_2 sudah terbentuk!

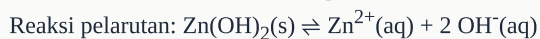
PEMBAHASAN SOAL 4

1. Menentukan Konsentrasi Ion $[\text{OH}^-]$ dari pH:

$$\text{pH} = 8,50 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - 8,50 = 5,50$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-5,50} = 10^{0,50} \times 10^{-6} \approx 3,16 \times 10^{-6} \text{ M}$$

2. Menhitung Kuosien Reaksi (Q_{sp}):



$$Q_{sp} = [\text{Zn}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2$$

$$Q_{sp} = (2,0 \times 10^{-4}) \times (3,16 \times 10^{-6})^2$$

$$Q_{sp} = (2,0 \times 10^{-4}) \times (1,0 \times 10^{-11}) = 2,0 \times 10^{-15}$$

3. Membandingkan Nilai Q_{sp} dengan K_{sp} :

$$Q_{sp} (2,0 \times 10^{-15}) > K_{sp} (3,0 \times 10^{-17})$$

Kesimpulan: Karena $Q_{sp} > K_{sp}$, larutan berada dalam kondisi lewat jenuh sehingga **endapan Zn(OH)_2 PASTI TERBENTUK.**

SOAL 5: ANALISIS KAPASITAS PENYANGGA (BUFFER CAPACITY)

SOAL 5 — Evaluasi Kapasitas Larutan Penyangga

Literasi HOTS

Dua buah wadah (A dan B) masing-masing berisi 100 mL larutan penyangga asam asetat/natrium asetat dengan perbandingan mol komponen yang sama (1:1), tetapi dengan konsentrasi yang berbeda:

• **Wadah A:** 100 mL (CH_3COOH 0,10 M + CH_3COONa 0,10 M)

• **Wadah B:** 100 mL (CH_3COOH 1,00 M + CH_3COONa 1,00 M)

Ke dalam masing-masing wadah ditambahkan 1,0 mL larutan HCl 1,0 M. Diketahui $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1,8 \times 10^{-5}$ ($\text{p}K_a = 4,74$).

Pertanyaan: Hitunglah perubahan pH (ΔpH) pada Wadah A dan Wadah B setelah penambahan HCl , dan jelaskan prinsip dasar kapasitas penyangga berdasarkan hasil tersebut!

PEMBAHASAN SOAL 5

Awal (Kedua Wadah): $\text{pH awal} = \text{p}K_a = 4,74$ (karena rasio asam:garam = 1:1). Mol H^+ ditambahkan = $1,0 \text{ mL} \times 1,0 \text{ M} = 1,0 \text{ mmol}$.

1. Wadah A: Mol awal asam = 10 mmol, mol awal garam = 10 mmol.

Reaksi	CH_3COO^-	+ H^+	$\rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$
Mula-mula (mmol)	10,0	1,0	10,0
Bereaksi (mmol)	-1,0	-1,0	+1,0