

KIMIA

KELARUTAN DAN HASIL KALI KELARUTAN

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami tentang kelarutan garam (elektrolit).
2. Memahami pengertian kelarutan dan tetapan hasil kali kelarutan serta hubungannya.
3. Dapat menghitung nilai kelarutan dan tetapan hasil kali kelarutan.
4. Memahami pengaruh ion senama pada kelarutan.
5. Memahami hubungan antara tetapan hasil kali kelarutan dan pH larutan.
6. Dapat memperkirakan terbentuknya endapan berdasarkan data tetapan hasil kali kelarutan.

A. Kelarutan Garam (Elektrolit)

Garam adalah suatu zat yang terdiri atas kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Ketika garam dilarutkan dalam air, akan terbentuk suatu elektrolit. Garam memiliki nilai kelarutan yang bervariasi. Ada garam yang larut dengan perbandingan tak terhingga dengan air, seperti garam dapur (NaCl). Ada pula garam yang memiliki kelarutan terbatas dalam air. Garam-garam dengan kelarutan terbatas ini dapat membentuk endapan ketika mencapai jumlah (konsentrasi) tertentu. Beberapa contoh kation dan anion garam yang memiliki kelarutan terbatas dalam air dapat dilihat pada tabel berikut.

Kation/Anion	Keterangan
NO_3^-	Semua garam dari anion nitrat (NO_3^-) larut sempurna dalam air.
Cl^-	Semua garam klorida larut sempurna dalam air, kecuali garam dengan kation Ag^+ , Pb^{2+} , dan Hg^+ .
SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , OH^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	Garam-garam sulfat golongan IA larut sempurna dalam air, sedangkan garam sulfat golongan IIA memiliki kelarutan yang terbatas dalam air.
Golongan IA (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+)	Semua garam dari kation logam golongan IA larut sempurna dalam air.

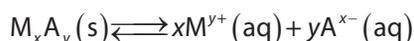
B. Kelarutan (s)

Kelarutan (solubility) adalah istilah untuk menyatakan jumlah maksimal suatu zat yang masih dapat larut dalam sejumlah tertentu pelarut. Kelarutan dinyatakan dalam satuan $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ yang juga merupakan satuan dari molaritas. Oleh karena itu, kelarutan (s) juga dapat didefinisikan sebagai konsentrasi (molaritas) zat yang masih dapat larut dalam suatu larutan.

Berdasarkan definisi kelarutan, suatu larutan garam yang sukar larut dalam air dapat berada pada tiga kondisi. Kondisi-kondisi tersebut, yaitu kondisi tidak jenuh, kondisi tepat jenuh, dan kondisi lewat jenuh. Kondisi tidak jenuh terjadi ketika konsentrasi nyata suatu garam belum melampaui kelarutannya, sehingga zat masih dapat terlarut. Kondisi tepat jenuh terjadi ketika konsentrasi nyata suatu garam sama dengan kelarutannya, sehingga zat tepat akan mengendap. Sementara itu, kondisi lewat jenuh terjadi ketika konsentrasi nyata suatu garam telah melampaui kelarutannya, sehingga jumlah zat yang mengendap lebih banyak daripada yang terlarut.

C. Tetapan Hasil Kali Kelarutan (K_{sp})

Pada kondisi tepat jenuh, suatu garam (elektrolit) yang sukar larut dalam air akan membentuk kesetimbangan. Kesetimbangan terjadi antara zat padat yang tidak larut dan ion-ion zat yang terlarut. Untuk dapat menentukan nilai tetapan kesetimbangannya, perhatikan reaksi berikut.



Sesuai dengan kaidah penulisan rumus tetapan kesetimbangan, hanya zat-zat dalam bentuk larutan (aq) dan gas (g) yang dituliskan dalam rumus tersebut. Dengan demikian, diperoleh:

$$K_{sp} = [M^{y+}]^x [A^{x-}]^y$$

Tetapan kesetimbangan dari suatu garam (elektrolit) yang sukar larut dalam air ini disebut dengan **tetapan hasil kali kelarutan** atau K_{sp} .

Contoh Soal 1

Tuliskan rumus tetapan hasil kali kelarutan untuk senyawa $Mg(OH)_2$.

Pembahasan:

$Mg(OH)_2$ dalam larutan akan terurai menjadi ion-ionnya berdasarkan reaksi berikut.



Dengan demikian, rumus K_{sp} untuk senyawa $Mg(OH)_2$ adalah sebagai berikut.

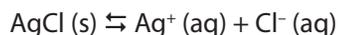
$$K_{sp} = [Mg^{2+}] [OH^-]^2$$

Jadi, rumus tetapan hasil kali kelarutan untuk senyawa $Mg(OH)_2$ adalah $K_{sp} = [Mg^{2+}] [OH^-]^2$.

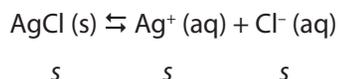
D. Hubungan Kelarutan (s) dengan Tetapan Hasil Kali Kelarutan (K_{sp})

Kelarutan (s) merupakan konsentrasi jenuh dari suatu garam (elektrolit). Sementara itu, K_{sp} merupakan tetapan kesetimbangan dari kondisi tepat jenuh suatu garam. Untuk memahami hubungan antara kelarutan (s) dan tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp}), perhatikan contoh larutan $AgCl$, Ag_2S , dan Ag_3PO_4 berikut.

Pada keadaan tepat jenuh, ionisasi $AgCl$ berlangsung sebagai berikut.



Oleh karena konsentrasi jenuh $AgCl$ sama dengan kelarutannya, maka:



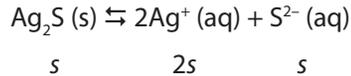
Dengan demikian, diperoleh:

$$K_{sp} AgCl = [Ag^+] [Cl^-]$$

$$K_{sp} AgCl = s \cdot s = s^2$$

Jadi, untuk garam yang terdiri atas **dua ion**, hubungan antara K_{sp} dan s adalah $K_{sp} = s^2$.

Pada larutan Ag_2S , hubungan antara K_{sp} dan s dapat ditentukan sebagai berikut.



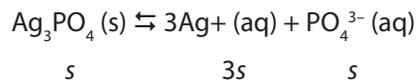
Dengan demikian, diperoleh:

$$K_{sp} \text{ Ag}_2\text{S} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{S}^{2-}]$$

$$K_{sp} \text{ Ag}_2\text{S} = (2s)^2 \cdot s = 4s^3$$

Jadi, untuk garam yang terdiri atas **tiga ion**, hubungan antara K_{sp} dan s adalah $K_{sp} = 4s^3$.

Sementara itu, hubungan antara K_{sp} dan s pada larutan Ag_3PO_4 adalah sebagai berikut.



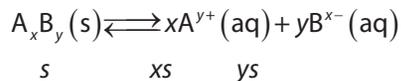
Dengan demikian, diperoleh:

$$K_{sp} \text{ Ag}_3\text{PO}_4 = [\text{Ag}^+]^3 [\text{PO}_4^{3-}]$$

$$K_{sp} \text{ Ag}_3\text{PO}_4 = (3s)^3 \cdot s = 27s^4$$

Jadi, untuk garam yang terdiri atas **empat ion**, hubungan antara K_{sp} dan s adalah $K_{sp} = 27s^4$.

Berdasarkan penjelasan tersebut, hubungan antara kelarutan (s) dan tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp}) dapat dinyatakan sebagai berikut.



K_{sp} dari persamaan reaksi tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} K_{sp} &= [\text{A}^{y+}]^x [\text{B}^{x-}]^y \\ &= (xs)^x (ys)^y \\ &= x^x y^y s^{(x+y)} \end{aligned}$$

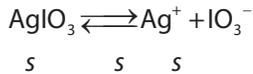
$$K_{sp} = x^x y^y s^{(x+y)}$$

Contoh Soal 2

Pada suhu tertentu, kelarutan AgIO_3 adalah 2×10^{-6} mol/L. Tentukan harga tetapan hasil kali kelarutannya.

Pembahasan:

Reaksi kesetimbangan larutan AgIO_3 adalah sebagai berikut.



Oleh karena kelarutan (s) AgIO_3 adalah 2×10^{-6} mol/L, maka:

$$\begin{aligned} K_{sp} &= [\text{Ag}^+][\text{IO}_3^-] \\ &= (s)(s) \\ &= (2 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6}) \\ &= 4 \times 10^{-12} \end{aligned}$$

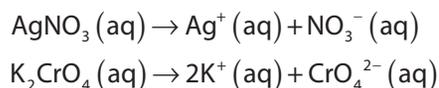
Jadi, harga tetapan hasil kali kelarutannya adalah 4×10^{-12} .

E. Pengaruh Ion Senama pada Kelarutan

Pada larutan jenuh Ag_2CrO_4 , terjadi kesetimbangan antara Ag_2CrO_4 padat yang tidak larut dan ion Ag^+ serta CrO_4^{2-} yang larut. Perhatikan reaksi kesetimbangannya berikut.



Jika ke dalam larutan jenuh tersebut ditambahkan AgNO_3 atau K_2CrO_4 , konsentrasi ion Ag^+ atau CrO_4^{2-} dalam larutan akan meningkat. Hal ini terjadi karena ada penambahan ion Ag^+ dari AgNO_3 dan CrO_4^{2-} dari K_2CrO_4 . Perhatikan reaksi ionisasi dari AgNO_3 dan K_2CrO_4 berikut.



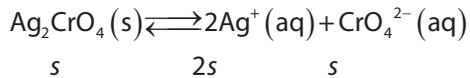
Berdasarkan asas Le Chatelier tentang pergeseran kesetimbangan, penambahan konsentrasi ion Ag^+ atau CrO_4^{2-} akan menggeser kesetimbangan ke kiri (pembentukan endapan Ag_2CrO_4). Akibatnya, jumlah Ag_2CrO_4 yang larut semakin berkurang dan jumlah Ag_2CrO_4 yang mengendap semakin bertambah. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan ion senama akan **menurunkan kelarutan**.

Contoh Soal 3

Kelarutan Ag_2CrO_4 dalam air adalah 10^{-4} M. Hitunglah kelarutan Ag_2CrO_4 dalam larutan K_2CrO_4 0,01 M.

Pembahasan:

Reaksi kesetimbangan larutan Ag_2CrO_4 adalah sebagai berikut.



Dengan demikian, diperoleh:

$$K_{sp}\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = (2s)^2(s) = 4s^3 = 4(10^{-4})^3 = 4 \times 10^{-12}$$

$$K_{sp}\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$\Leftrightarrow 4 \times 10^{-12} = [\text{Ag}^+]^2(10^{-2})$$

$$\Leftrightarrow 4 \times 10^{-10} = [\text{Ag}^+]^2$$

$$\Leftrightarrow [\text{Ag}^+] = 2 \times 10^{-5} \text{ M}$$

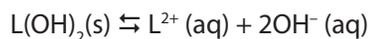
Berdasarkan perbandingan koefisien reaksinya, diperoleh:

$$\text{Kelarutan Ag}_2\text{CrO}_4 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-5} = 10^{-5} \text{ M}$$

Jadi, kelarutan Ag_2CrO_4 dalam larutan K_2CrO_4 0,01 M adalah 10^{-5} M.

F. Hubungan K_{sp} dengan pH Larutan

Untuk senyawa basa yang sukar larut dalam air, nilai pH larutan jenuh dapat digunakan untuk menentukan nilai tetapan hasil kali kelarutannya (K_{sp}). Demikian juga sebaliknya, nilai K_{sp} dapat digunakan untuk menentukan nilai pH larutan suatu basa. Perhatikan reaksi kesetimbangan pada larutan jenuh $\text{L}(\text{OH})_2$ berikut.



Meningkatnya pH suatu larutan menandakan bahwa nilai konsentrasi ion OH^- dalam larutan tersebut semakin besar. Berdasarkan asas Le Chatelier tentang pergeseran kesetimbangan, jika konsentrasi ion OH^- ditingkatkan, kesetimbangan akan bergeser ke kiri (arah pembentukan endapan). Akibatnya, jumlah basa yang larut semakin berkurang dan jumlah basa yang mengendap semakin bertambah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan pH pada larutan basa yang sukar larut dalam air akan **menurunkan kelarutan**.

G. Konsep K_{sp} dalam Pemisahan Zat

Harga tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp}) suatu elektrolit dapat dimanfaatkan dalam pemisahan dua atau lebih larutan yang bercampur. Proses pemisahan ini dilakukan dengan

menambahkan suatu larutan elektrolit lain yang dapat berikatan dengan ion-ion dalam campuran larutan. Oleh karena setiap larutan mempunyai kelarutan yang berbeda-beda, maka akan ada larutan yang mengendap lebih dulu dan ada yang mengendap kemudian. Dengan begitu, masing-masing larutan dapat dipisahkan dalam bentuk endapannya.

Sebagaimana yang telah dibahas di awal, ada tiga kondisi yang dapat dicapai oleh suatu larutan elektrolit yang sukar larut dalam air, yaitu kondisi tidak jenuh, tepat jenuh, dan lewat jenuh. Ketiga kondisi tersebut dapat diketahui dari hubungan antara Q_c dan K_{sp} berikut.

- Jika $Q_c < K_{sp}$, larutan berada pada kondisi tidak jenuh (tidak terjadi endapan).
- Jika $Q_c = K_{sp}$, larutan berada pada kondisi tepat jenuh (tidak terjadi endapan).
- Jika $Q_c > K_{sp}$, larutan berada pada kondisi lewat jenuh (terjadi endapan).

Q_c adalah nilai hasil kali antara kation dan anion dengan rumus yang sama dengan K_{sp} . Perbedaannya adalah K_{sp} dihitung pada konsentrasi jenuh, sedangkan Q_c dihitung dengan konsentrasi nyata ion-ion dalam larutan.

Contoh Soal 4

Jika dalam suatu larutan terkandung $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,05 M dan HCl 0,05 M, dapatkah terjadi endapan PbCl_2 ? ($K_{sp} \text{PbCl}_2 = 6,25 \times 10^{-5}$)

Pembahasan:

Diketahui:

$$[\text{Pb}^{2+}] = 0,05 \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ M}$$

Dengan demikian, nilai Q_c dari larutan PbCl_2 dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_c &= [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 \\ &= 0,05 \times (0,05)^2 \\ &= 1,25 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Oleh karena $Q_c > K_{sp} \text{PbCl}_2$, maka PbCl_2 dalam larutan akan mengendap.

Jadi, pada campuran larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,05 M dan HCl 0,05 M akan terjadi endapan PbCl_2 .