

Kimia Unsur (Bagian I)

A. KELIMPAHAN UNSUR-UNSUR DI ALAM

a. Struktur Lapisan Bumi

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia membutuhkan senyawa-senyawa kimia yang tersedia di bumi. Senyawa-senyawa tersebut dapat berasal dari kerak bumi dan atmosfer. Bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan karakteristik yang khas, yang berasal dari kandungan utama pada lapisan tersebut, yang secara umum dibagi menjadi lima bagian. Dari bagian terluar hingga yang terdalam, bumi terdiri atas atmosfer yang tersusun dari campuran berbagai gas, hidrosfer yang komponen utamanya adalah air, litosfer, mantel, dan inti bumi.

b. Komposisi Lapisan Bumi

1. Atmosfer

Atmosfer merupakan lapisan yang berwujud gas dengan ketebalan 1.100 km dan lebih dari separuh gas penyusun atmosfer terkonsentrasi pada hingga ketinggian 5,6 km. Kandungan gas di atmosfer semakin menipis pada ketinggian yang semakin meningkat. Gas-gas dengan massa terendah, seperti gas helium dan hidrogen, terkonsentrasi di bagian luar. Gas-gas dengan massa yang lebih besar berada lebih dekat dengan bumi karena pengaruh gravitasi bumi. Tabel berikut adalah komposisi gas pada atmosfer bumi.

No.	Gas Penyusun Atmosfer		Kadar (%)
	Nama	Rumus Molekul	
1	Nitrogen	N ₂	78,08
2	Oksigen	O ₂	20,95
3	Argon	Ar	0.934
4	Karbon dioksida	CO ₂	0,0314
5	Neon	Ne	0,00182
6	Helium	He	0,000524
7	Kripton	Kr	0,000114
8	Hidrogen	H ₂	0,00005
9	Xenon	Xe	0,000008
10	Gas-gas lain	CO, NO, SO ₂ , dll.	≤ 0,002

2. Hidrosfer

Hidrosfer adalah lapisan cair (air), termasuk lautan, yang menutupi sekitar 70% bumi. Hidrosfer mengandung air yang melarutkan berbagai senyawa dan ion yang merupakan sumber bahan kimi untuk industri, seperti ion natrium dan ion klorida pada senyawa garam dapur (NaCl), ion magnesium, ion kalsium, ion bromida, dan sebagainya. Kedalaman laut diperkirakan lebih dari 3000 m.

3. Litosfer

Litosfer disebut juga kerak bumi dengan ketebalan 100 km. Berbagai mineral dan bijih tambang terdapat di litosfer. Mineral adalah senyawa yang berwujud padat dengan komposisi kimia tertentu mengandung logam, sedangkan bijih adalah senyawa logam yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis sebagai sumber suatu logam. Tabel berikut memberikan contoh beberapa jenis mineral dan contohnya.

Tipe Mineral	Contoh
Karbonat	BaCO ₃ (wiserit), CaCO ₃ (kalsit/batu kapur), MgCO ₃ (magnesit), CaCO ₃ .MgCO ₃ (dolomit), PbCO ₃ (serusit), ZnCO ₃ (smitsonit)
Halida	CaF ₂ (fluorit), NaCl (halit), KCl (silvit), Na ₃ AlF ₆ (kriolit)

Tipe Mineral	Contoh
Oksida	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (bauksit), Al_2O_3 (korundum), Fe_2O_3 (hematit), Fe_3O_4 (magnetit), Cu_2O (kuprit), MnO_2 (pirolusit), SnO_2 (kasiterit), TiO_2 (rutil), ZnO (zinkit)
Fosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (batu fosfat), $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (hidroksiapatit)
Silikat	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ (beril), ZrSiO_4 (sirkonit), $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albit), $\text{Mg}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (talk)
Sulfida	Ag_2S (argentit), CdS (grenokit), Cu_2S (kalkosit), FeS_2 (pirit), HgS (sinabar), PbS (galena), ZnS (sfalerit)
Sulfat	BaSO_4 (barit), CaSO_4 (anhidrit), PbSO_4 (anglesit), SrSO_4 (selestit), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (epsomit)

Bila kita perhatikan, mineral-mineral tersebut banyak mengandung unsur oksigen. Jika kelimpahan unsur pada litosfer dihitung, maka oksigen adalah unsur terbesar penyusun litosfer, yaitu hampir 50%, disusul silikon, aluminium, besi, kalsium, natrium, kalium, dan magnesium.

4. *Inti bumi*

Inti bumi diduga berisi besi cair dan sedikit nikel dengan kerapatan yang tinggi. Jari-jari inti bumi diperkirakan mencapai 1.275 km dengan suhu sekitar 6.650°C.

Unsur-unsur di alam banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan yang berguna untuk kehidupan manusia. Proses untuk memperoleh unsur tersebut memerlukan pemahaman mengenai sifat-sifat unsur tersebut. Untuk memahami sifat-sifat unsur, baik sifat fisik maupun sifat kimia, diperlukan cara yang sistematis. Kita mengenal sistem periodik unsur, yang tidak hanya digunakan untuk mengetahui jenis-jenis unsur yang ada, tetapi terutama untuk memahami sifat-sifat unsur berdasarkan letaknya pada sistem periodik.

B. SIFAT-SIFAT KEPERIODIKAN UNSUR

Sistem periodik unsur mengelompokkan unsur berdasarkan golongan dan periode yang ditentukan dari jumlah elektron valensi dan kulit valensi suatu unsur. Berdasarkan subkulit terakhir pada konfigurasi elektronnya, unsur-unsur dapat dikelompokkan menjadi blok *s*, blok *p*, blok *d*, dan blok *f*.

a. Sifat Fisik

1. *Volume dan jari-jari atom*

Volume atom adalah angka perbandingan antara massa atom relatif dengan kerapatan atom. Volume atom bergantung pada tiga faktor, yaitu jumlah kulit, daya tarik inti, dan gaya tolak antar-elektron. Dengan jumlah kulit yang sama, jika gaya tarik inti semakin besar, volume atom akan semakin kecil. Jika elektron yang menempati kulit-kulit atom semakin banyak, gaya tolak antar-elektron semakin besar sehingga volume atom semakin besar. Volume atom berubah secara teratur dan berulang secara periodik.

Selain volume atom, ukuran atom juga dapat diukur dari jari-jari atom. Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom hingga elektron pada kulit terluar atom. Akan tetapi, jari-jari atom netral sulit untuk ditentukan karena sebagian besar atom berada dalam bentuk senyawa dengan atom-atom lain. Oleh karena itu, ukuran atom juga dapat diukur dari ukuran ion atau jarak ikatan. Dari suatu senyawa ion, dapat ditentukan jari-jari ion sebagai ukuran atom. Jari-jari atom netral lebih kecil daripada jari-jari ion negatifnya, dan lebih besar daripada jari-jari ion positifnya. Mengapa demikian?

Jari-jari atom merupakan sifat periodik yang berubah dan berulang secara teratur pada sistem periodik unsur. Sepanjang periode dari kiri ke kanan, jari-jari atom semakin kecil. Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, jari-jari atom semakin besar. Ukuran jari-jari atom memengaruhi energi ionisasi dan afinitas elektron dari atom tersebut.

2. *Titik didih dan titik lebur*

Peristiwa melebur adalah proses merenggangnya jarak antar-atom dari suatu unsur. Dengan demikian, titik lebur bergantung pada kekuatan ikatan antar-atom. Kekuatan ikatan unsur-unsur logam dipengaruhi oleh elektron valensi logam tersebut. Semakin banyak elektron valensi suatu logam, kekuatan ikatan logam bertambah. Dengan demikian, pada unsur logam dari kiri ke kanan dalam satu periode titik lebur semakin meningkat, karena jumlah elektron valensi meningkat. Pada golongan IA dan IIA, dari atas ke bawah (satu golongan), jari-jari atom semakin meningkat sehingga titik lebur semakin kecil.

Unsur-unsur nonlogam terikat melalui ikatan kovalen yang sangat kuat membentuk struktur molekul raksasa, misalnya karbon dan silikon, mempunyai titik lebur yang sangat tinggi. Unsur-unsur nonlogam yang terikat dengan ikatan kovalen

membentuk molekul sederhana memiliki titik lebur yang dipengaruhi oleh gaya ikat antarmolekul yang disebut gaya van der Waals. Semakin besar gaya van der Waals, titik lebur menjadi semakin tinggi. Kekuatan gaya van der Waals dipengaruhi oleh ukuran molekul. Semakin besar ukuran molekul, semakin besar gaya van der Waals dan semakin tinggi titik leburnya.

Keperiodikan titik lebur memiliki pola yang teratur. Dalam satu periode dari kiri ke kanan, titik lebur meningkat secara teratur dan menurun tajam pada golongan VA, kemudian turun secara teratur hingga golongan VIIIA. Keperiodikan titik didih memiliki pola yang sama dengan titik lebur.

3. *Energi ionisasi*

Energi ionisasi adalah besarnya energi yang dibutuhkan untuk melepaskan satu elektron pada kulit terluar suatu atom dalam wujud gas. Energi ionisasi pertama (E_{I1}) adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron pertama pada kulit terluar suatu atom pada wujud gas. Energi ionisasi kedua (E_{I2}) adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron kedua dari ion $+1$, dan seterusnya.

Besarnya energi ionisasi dipengaruhi oleh ukuran jari-jari atom. Semakin besar jari-jari suatu atom, elektron pada kulit terluar semakin terikat lemah dengan inti atom, maka semakin rendah energi ionisasi atom tersebut. Akan tetapi, beberapa jenis elektron kulit terluar terikat lebih kuat karena adanya efek perlindungan oleh subkulit elektron. Sebagai contoh, atom dengan konfigurasi elektron terakhir $3s^2$ akan memiliki energi ionisasi lebih besar daripada atom dengan konfigurasi elektron terakhir $3s^2 3p^1$. Hal ini dikarenakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk melepaskan satu elektron pada $3s^2$ lebih besar daripada $3p^1$.

4. *Afinitas elektron*

Afinitas elektron adalah energi yang dibutuhkan suatu atom bewujud gas untuk menerima (menarik) elektron membentuk ion negatif. Besarnya afinitas elektron dipengaruhi oleh ukuran dan muatan inti. Harga afinitas elektron diukur secara tidak langsung karena ada atom-atom yang cenderung membentuk ion positif.

5. *Kelektronegatifan*

Keelektronegatifan adalah kecenderungan suatu atom untuk menarik pasangan elektron yang digunakan bersama dalam pembentukan ikatan dengan atom lain.

Atom yang memiliki kemampuan menarik pasangan elektron lebih kuat daripada atom yang berikatan dengannya diberi harga skala keelektronegatifan lebih besar.

6. *Sifat magnetik*

Sifat magnetik suatu atom bergantung pada konfigurasi elektron. Berdasarkan konfigurasi elektronnya, suatu atom akan memiliki elektron yang berpasangan dan tidak berpasangan. Semakin banyak jumlah elektron tidak berpasangan dalam suatu atom, sifat magnet atom tersebut semakin besar. Atom-atom yang tidak memiliki elektron tak berpasangan disebut diamagnetik yang akan ditolak oleh medan magnet sedangkan atom-atom yang memiliki elektron tak berpasangan disebut paramagnetik yang akan berinteraksi dengan medan magnet.

b. Sifat Kimia

1. *Kereaktifan unsur dalam sistem periodik*

Dalam suatu periode, unsur golongan IA dan IIA adalah unsur yang sangat reaktif. Hal tersebut dikarenakan unsur golongan IA dan IIA memiliki energi ionisasi yang rendah sehingga mudah melepaskan elektron membentuk kation. Unsur-unsur golongan VIIA juga memiliki kereaktifan tinggi, karena memiliki keelektronegatifan yang tinggi sehingga cenderung membentuk ion negatif.

Pada unsur-unsur blok *s*, semakin besar nomor atomnya, semakin reaktif karena energi ionisasinya semakin kecil. Unsur-unsur blok *p* (kecuali gas mulia) memiliki kecenderungan semakin ke bawah dalam satu golongan menjadi kurang reaktif. Beberapa atom di blok *d* sangat stabil terutama golongan IB (Cu, Ag, dan Au).

2. *Kelarutan senyawa*

Kelarutan suatu zat dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran partikelnya (molekul atau ion), energi kisi kristalnya, dan energi hidrasi. Zat dengan ukuran partikel lebih besar umumnya lebih sukar larut daripada zat dengan ukuran partikel lebih kecil. Akan tetapi, energi kisi dan energi hidrasi juga merupakan faktor yang penting. Energi kisi adalah energi yang dilepaskan apabila suatu ion-ion gas bergabung membentuk kristal ionik sedangkan energi hidrasi adalah energi yang dilepas bila ion-ion gas terlarut dalam air. Zat-zat dengan energi kisi rendah dan energi hidrasi tinggi akan memiliki kecenderungan mudah melarut dalam air.

Selain faktor di atas, struktur kristal suatu zat juga berpengaruh pada kelarutan suatu zat. Zat dengan struktur kristal yang berbeda akan memiliki kelarutan yang berbeda. Hal tersebut dapat diamati pada penyimpangan pola kelarutan pada garam oksalat golongan alkali tanah, yang mana kecenderungan kelarutannya tidak teratur karena ada perbedaan struktur kristal pada masing-masing garam.

3. *Sifat asam dan basa*

Sifat asam suatu zat ditentukan dari kemampuannya melepaskan proton (ion H^+) dalam larutan. Dalam suatu asam biner HX , kekuatan asam ditentukan oleh besarnya jari-jari atom X . Semakin besar jari-jari atom X , maka proton akan terikat semakin lemah dengan atom X sehingga mudah dilepaskan, yang berarti sifat asamnya semakin kuat. Berdasarkan hal tersebut, dalam satu golongan asam biner dari atas ke bawah, kekuatan asam semakin tinggi.

Untuk asam oksida (HOX), kekuatan asam ditentukan oleh keelektronegatifan X . Semakin elektronegatif X , maka ikatan $O-X$ semakin kuat sehingga ikatan $H-O$ semakin lemah dan proton akan lebih mudah dilepaskan. Apabila X adalah atom elektropositif, maka yang akan dilepaskan adalah ion OH^- yang menyebabkan senyawa tersebut bersifat basa. Berdasarkan hal tersebut, maka sepanjang satu periode dari Na ke Cl , sifat asam hidroksidanya semakin kuat. Pada unsur-unsur satu golongan, semakin besar jari-jari atomnya, semakin lemah asam oksidanya karena semakin besar jari-jari atom akan semakin kecil keelektronegatifannya.

4. *Polaritas*

Jika suatu kation berdekatan dengan anion, kation akan cenderung menarik awan elektron dari anion di dekatnya. Adanya tarikan awan elektron oleh kation menyebabkan adanya pergeseran awan elektron di antara kedua atom yang disebut polarisasi elektron. Hal tersebut ditentukan oleh kemampuan mempolarisasi kation dan kecenderungan terpolarisasi anion.

Daya mempolarisasi suatu kation ditentukan oleh perbandingan muatan kation terhadap jari-jari atom. Kation dengan muatan positif yang besar akan memiliki kemampuan mempolarisasi yang lebih besar dibandingkan kation dengan muatan positif kecil untuk ukuran jari-jari atom yang sama. Sementara itu, kecenderungan terpolarisasi suatu anion akan semakin besar jika ukuran dan muatan anion semakin besar.