

Tujuan

Pembelajaran:

BAB 1

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan perkembangan teori atom dari teori



Atom, model atom Dalton, Rutherford, proton, elektron, lambang unsur, isotop, isobar, triade, hukum oktaf, Mendelev, periode, golongan, jari-jari atom, energi ionisasi, dan afinitas elektron.

Pengantar

Pernahkah Anda berpikir bagaimana seandainya sepotong besi dipotong menjadi dua, kemudian setiap bagian dipotong lagi menjadi dua, kemudian setiap bagian yang kecil dipotong menjadi dua lagi, dan seterusnya sampai bentuk yang terkecil. Kira-kira apa yang akan Anda peroleh? Pernahkah juga Anda berpikir hamparan pasir di pantai yang dari kejauhan tampak seperti hamparan permadani, tetapi ketika didekati dan dipegang ternyata hanya butiran-butiran kecil. Nah, seperti itulah juga semua zat yang ada di dunia ini yang juga tersusun atas partikel-partikel paling kecil yang menyusun zat yang lebih besar. Partikel terkecil yang menyusun setiap zat di dunia ini oleh para ilmuwan dikenal dengan sebutan *atom*.

Untuk mengawali pelajaran kimia di kelas X ini, Anda akan mempelajari tentang struktur atom, bagaimana bentuk atom itu, apa saja partikel penyusun atom, berapa banyak atom di dunia ini, bagaimana upaya para ahli untuk mengelompokkan atom-atom tersebut agar mudah dipelajari, dan lain-lain. Selamat memasuki dunia ilmu kimia yang penuh dengan keajaiban dan keindahan serta penuh pelajaran untuk kemaslahatan hidup di dunia.

atom Dalton sampai mekanika kuantum.

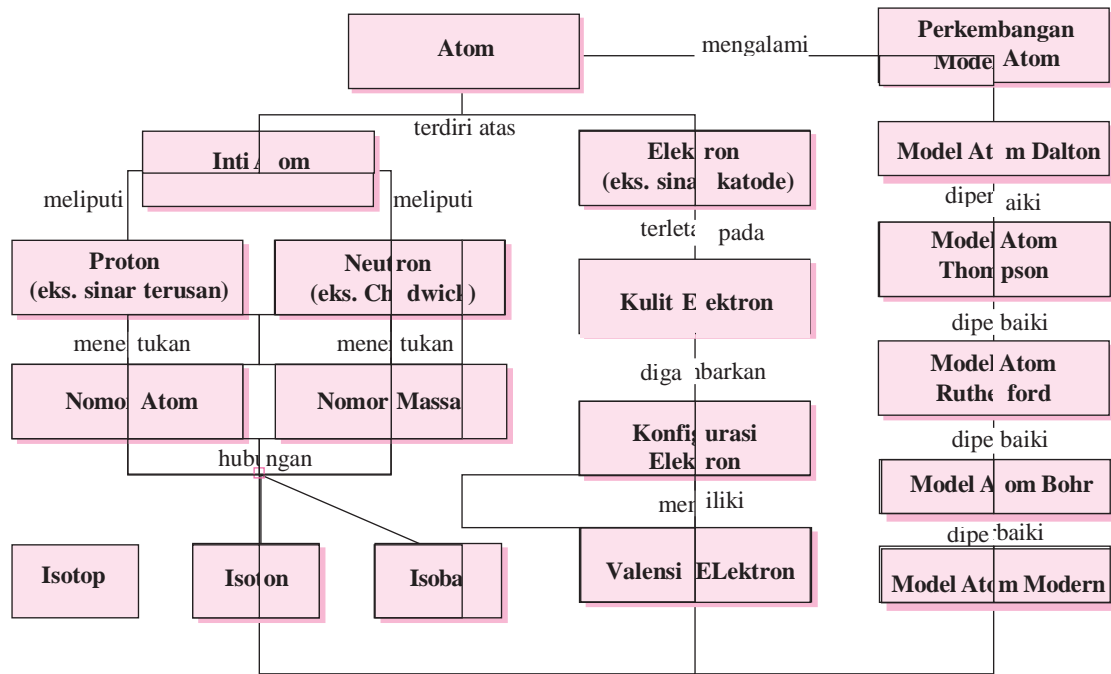
2. Menuliskan konfigurasi elektron suatu atom.
3. Menyebutkan jenis-jenis partikel dasar penyusun atom.
4. Menjelaskan struktur atom.
5. Menentukan jumlah proton, neutron, dan elektron suatu atom.
6. Menentukan jumlah nomor atom dan massa atom suatu atom jika diketahui jumlah proton, neutron, dan elektron.
7. Menjelaskan proses penemuan partikel-partikel dasar penyusun atom.
8. Menjelaskan pengertian isotop, isobar, dan isoton.
9. Memberikan contoh isotop, isobar, dan isoton.
10. Menjelaskan perkembangan sistem periodik unsur dari sistem triad sampai sistem periodik unsur modern.
11. Membedakan dasar-dasar penyusunan setiap sistem periodik unsur.
12. Menjelaskan pengertian periode dan golongan dalam sistem

periodik unsur.

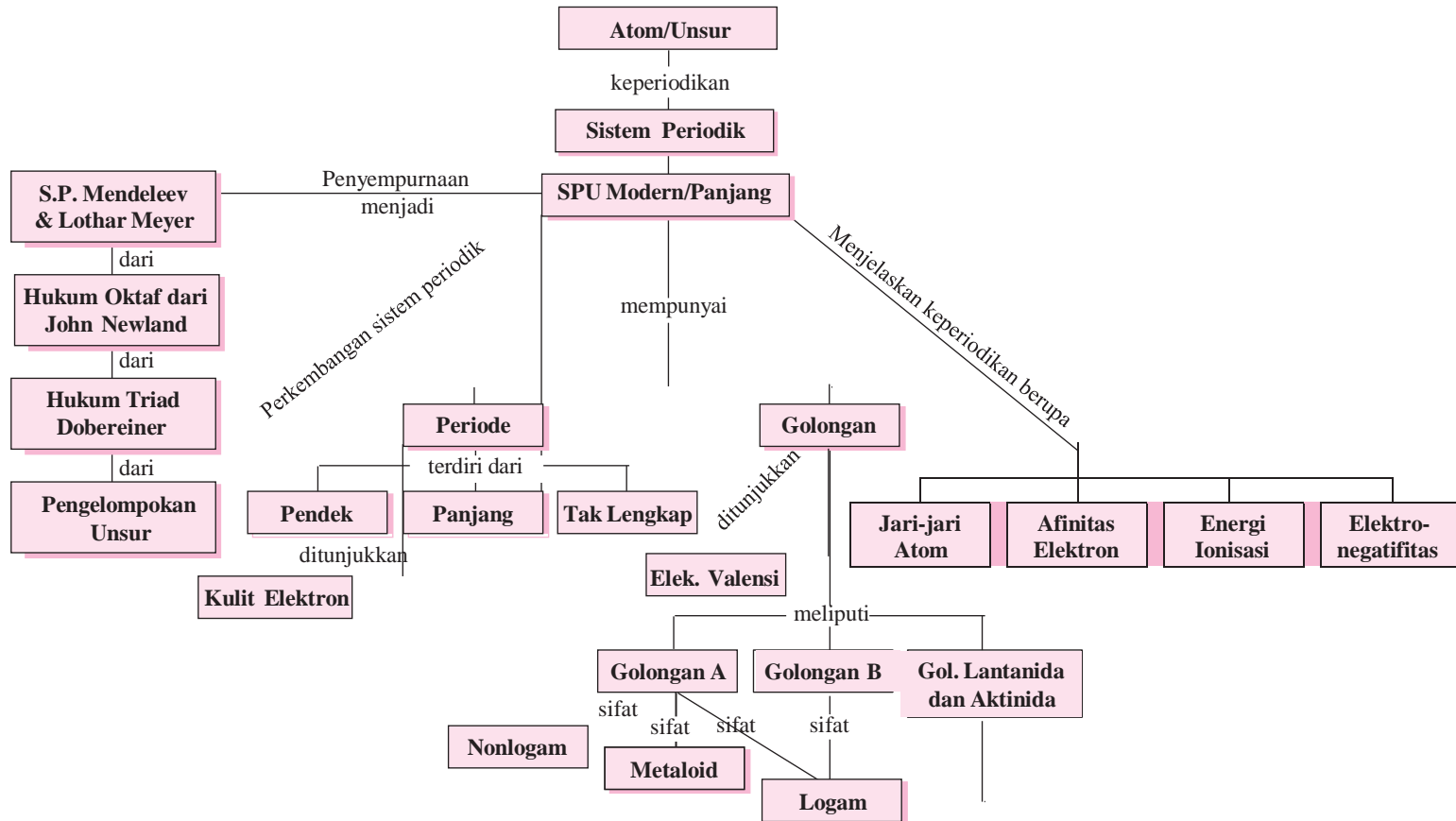
13. Menentukan elektron valensi, jumlah kulit atom, nomor periode, dan nomor golongan suatu unsur dalam sistem periodik unsur.
14. Menjelaskan pengertian jari-jari atom, energi ionisasi, elektronegatifitas, afinitas elektron.
15. Menjelaskan kecenderungan jari-jari atom, energi ionisasi, elektronegatifitas, afinitas elektron, sifat logam, titik didih, dan titik leleh suatu unsur dalam satu periode dan satu golongan.

Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur

A. Struktur Atom



B. Sistem Periodik Unsur



1.1 Struktur Atom

A. Perkembangan Pemahaman Mengenai Struktur Atom

Setiap materi di alam semesta ini tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil yang oleh para ahli dikenal dengan nama *atom*. Sejak dahulu kala pertama manusia berpikir tentang zat penyusun setiap materi, kemudian dirumuskannya teori atom dan sampai sekarang di zaman yang serba canggih ini, keberadaan atom sudah diterima semua orang, tetapi bagaimana bentuk sebenarnya atom tersebut serta penyusunnya belum diketahui secara pasti. Para ahli hanya mereka-reka berdasarkan pengamatan di laboratorium terhadap gejala yang ditimbulkan jika suatu materi diberi perlakuan tertentu. Dari pengamatan gejala-gejala tersebut para ahli kemudian membuat teori tentang atom dan memperkirakan bentuk atom tersebut yang dikenal dengan sebutan *model atom*. Model-model atom yang diusulkan oleh para ahli mengalami perkembangan sampai sekarang dan akan terus berkembang seiring dengan semakin canggihnya instrumen laboratorium yang ditopang oleh kemajuan iptek yang luar biasa.

1. Model Atom Dalton

Tahukah Anda bahwa di dunia ilmu kimia ini patut dikenang satu nama sebagai pencetus teori atom modern yang asli. Dia adalah seorang guru dan ahli kimia berkebangsaan Inggris bernama **John Dalton** (1766 – 1844). Sumbangan Dalton merupakan keunikan dari teorinya yang meliputi dua hal:

- a. Dia adalah orang pertama yang melibatkan kejadian kimiawi seperti halnya kejadian fisis dalam merumuskan gagasannya tentang atom.
- b. Dia mendasarkan asumsinya pada data kuantitatif, tidak menggunakan pengamatan kualitatif atau untung-untungan.

Teori atom Dalton dikemukakan berdasarkan dua hukum, yaitu *hukum kekekalan massa* dan *hukum perbandingan tetap*. Teori atom Dalton dikembangkan selama periode 1803-1808 dan didasarkan atas tiga asumsi pokok, yaitu:

- a. Setiap unsur kimia tersusun oleh partikel-partikel kecil yang tidak dapat dihancurkan dan dipisahkan yang disebut *atom*. Selama mengalami perubahan kimia, atom tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan.
- b. Semua atom dari suatu unsur mempunyai massa dan sifat yang sama, tetapi atom-atom dari suatu unsur berbeda dengan atom-atom dari unsur yang lain, baik massa maupun sifat-sifatnya yang berlainan.
- c. Dalam senyawa kimiawi, atom-atom dari unsur yang berlainan melakukan ikatan dengan perbandingan angka sederhana.



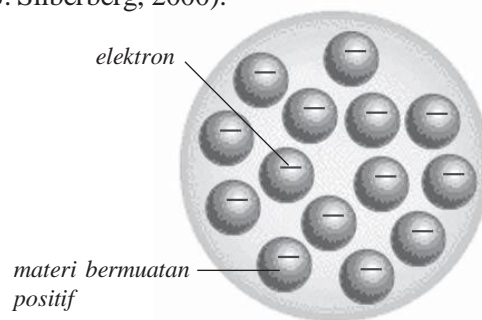
Gambar 1.1 John Dalton (1766 – 1844) adalah ilmuwan Inggris. Sumber: Microsoft Encarta Library 2005.

2. Model Atom Thompson

Pada tahun 1897 **J. J. Thompson** menemukan elektron. Berdasarkan penemuannya tersebut, kemudian Thompson mengajukan teori atom baru yang dikenal dengan sebutan model atom Thompson. Model atom Thompson dianalogkan seperti sebuah roti kismis, di mana atom terdiri atas materi bermuatan positif dan di dalamnya tersebar elektron bagaikan kismis dalam roti kismis. Karena muatan positif dan negatif bercampur jadi satu dengan jumlah yang sama, maka secara keseluruhan atom menurut Thompson bersifat netral (Martin S. Silberberg, 2000).



Gambar 1.2 J. J. Thompson (1856-1909) Sumber: Microsoft Encarta Library 2005.



Gambar 1.3 Model Atom Thompson

3. Model Atom Rutherford

Antoine **Henri Becquerel** (1852-1908), seorang ilmuwan dari Perancis pada tahun 1896 menemukan bahwa uranium dan senyawa-senyawanya secara spontan memancarkan partikel-partikel. Partikel yang dipancarkan itu ada yang bermuatan listrik dan memiliki sifat yang sama dengan sinar katode atau elektron.

Unsur-unsur yang memancarkan sinar itu disebut *unsur radioaktif*, dan sinar yang dipancarkan juga dinamai *sinar radioaktif*. Ada tiga macam sinar radioaktif, yaitu:

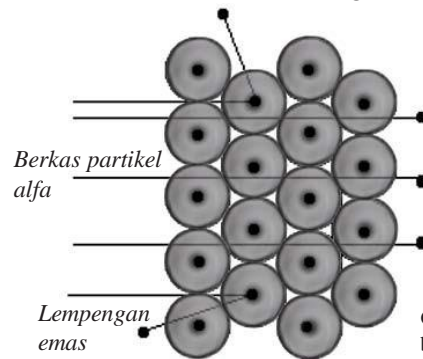
- sinar alfa (α), yang bermuatan positif
- sinar beta (β), yang bermuatan negatif
- sinar gamma (γ), yang tidak bermuatan

Sinar alfa dan beta merupakan radiasi partikel. Setiap partikel sinar alfa bermuatan $+2$ dengan massa 4 sma, sedangkan partikel sinar beta sama dengan elektron, bermuatan -1 dan massa $\frac{1}{1.840}$ sma (dianggap sama dengan nol). Adapun sinar gamma adalah radiasi elektromagnet, tidak bermassa, dan tidak bermuatan.

Pada tahun 1908, **Hans Geiger** dan **Ernest Marsden** yang bekerja di laboratorium Rutherford melakukan eksperimen dengan menembakkan sinar alfa (sinar bermuatan positif) pada pelat emas yang sangat tipis. Sebagian besar sinar alfa itu berjalan lurus tanpa gangguan, tetapi sebagian kecil dibelokkan dengan sudut yang cukup besar, bahkan ada juga yang dipantulkan kembali ke arah sumber sinar.

Dari hasil percobaan kedua asistennya itu, Ernest Rutherford menafsirkan sebagai berikut.

- Sebagian besar partikel sinar alfa dapat menembus pelat karena melalui daerah hampa.
- Partikel alfa yang mendekati inti atom dibelokkan karena mengalami gaya tolak inti.
- Partikel alfa yang menuju inti atom dipantulkan karena inti bermuatan positif dan sangat massif (Martin S. Silberberg, 2000).



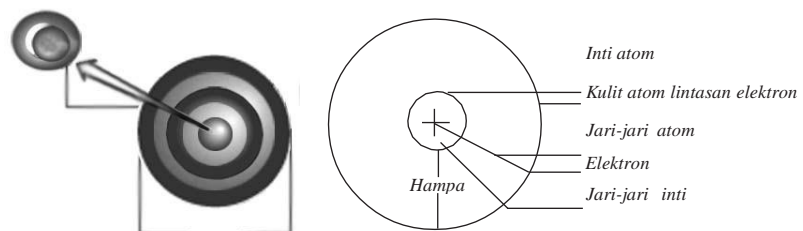
Gambar 1.4 Percobaan Rutherford menembakkan sinar alfa pada lempengan emas tipis.



Gambar 1.5 Rutherford (1871 – 1937). Sumber: “Chemistry and Chemical Reactivity”, Kotz and Purcell 1987, CBS college Publishing New York.

Beberapa tahun kemudian, yaitu tahun 1911, Ernest Rutherford mengungkapkan teori atom modern yang dikenal sebagai *model atom Rutherford*.

- Atom tersusun dari:
 - Inti atom yang bermuatan positif.
 - Elektron-elektron yang bermuatan negatif dan mengelilingi inti.
- Semua proton terkumpul dalam inti atom, dan menyebabkan inti atom bermuatan positif.
- Sebagian besar volume atom merupakan ruang kosong. Hampir semua massa atom terpusat pada inti atom yang sangat kecil. Jari-jari atom sekitar 10^{-10} m, sedangkan jari-jari inti atom sekitar 10^{-15} m.



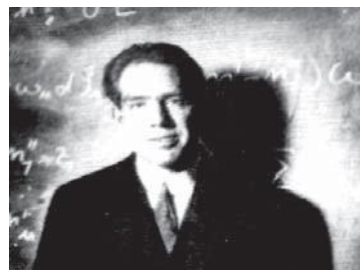
Gambar 1.6 Model atom Rutherford

- d. Jumlah proton dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti, sedangkan atom bersifat netral.

4. Model Atom Niels Bohr

Dilihat dari kandungan energi elektron, ternyata model atom Rutherford mempunyai kelemahan. Ketika elektron-elektron mengelilingi inti atom, mereka mengalami percepatan terus-menerus, sehingga elektron harus membebaskan energi. Lama kelamaan energi yang dimiliki oleh elektron makin berkurang dan elektron akan tertarik makin dekat ke arah inti, sehingga akhirnya jatuh ke dalam inti. Tetapi pada kenyataannya, seluruh elektron dalam atom tidak pernah jatuh ke inti. Jadi, model atom Rutherford harus disempurnakan.

Dua tahun berikutnya, yaitu pada tahun 1913, seorang ilmuwan dari Denmark yang bernama **Niels Henrik David Bohr** (1885-1962) menyempurnakan model atom Rutherford. Model atom yang diajukan Bohr dikenal sebagai model atom Rutherford-Bohr, yang dapat diterangkan sebagai berikut.

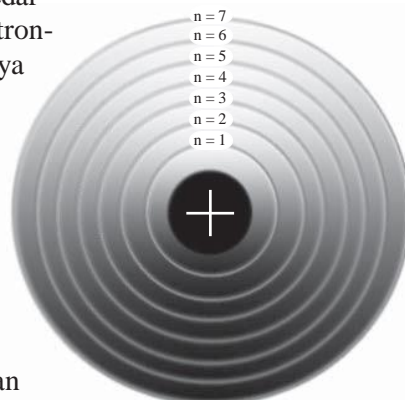


Gambar 1.7 Niels Bohr (1885-1962)
Sumber: Buku “Chemistry and Chemical Reactivity”, Kotz and Purcell 1987, CBS College Publishing New York.

- Elektron-elektron dalam atom hanya dapat melintasi lintasan-lintasan tertentu yang disebut *kulit-kulit* atau *tingkat-tingkat energi*, yaitu lintasan di mana elektron berada pada keadaan stationer, artinya tidak memancarkan energi.
- Kedudukan elektron dalam kulit-kulit, tingkat-tingkat energi dapat disamakan dengan kedudukan seseorang yang berada pada anak-anak tangga. Seseorang hanya dapat berada pada anak tangga pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya, tetapi ia tidak mungkin berada di antara anak tangga-anak tangga tersebut.

Model atom Bohr tersebut dapat dianalogkan seperti sebuah tata surya mini. Pada tata surya, planet-planet beredar mengelilingi matahari. Pada atom, elektron-elektron beredar mengelilingi atom, hanya bedanya pada sistem tata surya, setiap lintasan (orbit) hanya ditempati 1 planet, sedangkan pada atom setiap lintasan (kulit) dapat ditempati lebih dari 1 elektron.

Dalam model atom Bohr ini dikenal istilah *konfigurasi elektron*, yaitu susunan elektron pada masing-masing kulit. Data yang digunakan untuk menuliskan konfigurasi elektron adalah nomor atom



Gambar 1.8. Model atom Niels Bohr

suatu unsur, di mana nomor atom unsur menyatakan jumlah elektron dalam atom unsur tersebut. Sedangkan elektron pada kulit terluar dikenal dengan sebutan *elektron valensi*. Susunan elektron valensi sangat menentukan sifat-sifat kimia suatu atom dan berperan penting dalam membentuk ikatan dengan atom lain.

Untuk menentukan konfigurasi elektron suatu unsur, ada beberapa patokan yang harus selalu diingat, yaitu:

- Dimulai dari lintasan yang terdekat dengan inti, masing-masing lintasan disebut kulit ke-1 (kulit K), kulit ke-2 (kulit L), kulit ke-3 (kulit M), kulit ke-4 (kulit N), dan seterusnya.
- Jumlah elektron maksimum (paling banyak) yang dapat menempati masing-masing kulit adalah:

$$2n^2$$

dengan n = nomor kulit

Kulit K dapat menampung maksimal 2 elektron.

Kulit L dapat menampung maksimal 8 elektron.

Kulit M dapat menampung maksimal 18 elektron, dan seterusnya.

- Kulit yang paling luar hanya boleh mengandung maksimal 8 elektron.

Contoh 1.1

Tuliskan konfigurasi elektron dari unsur-unsur berikut.

- Helium dengan nomor atom 2
- Nitrogen dengan nomor atom 7
- Oksigen dengan nomor atom 8
- Kalsium dengan nomor atom 20
- Bromin dengan nomor atom 35

Jawab:

| Unsur | Nomor Atom | Konfigurasi Elektron pada Kulit | | | | Elektron Valensi |
|----------|------------|---------------------------------|---|----|---|------------------|
| | | K | L | M | N | |
| Helium | 2 | 2 | | | | 2 |
| Nitrogen | 7 | 2 | 5 | | | 5 |
| Oksigen | 8 | 2 | 6 | | | 6 |
| Kalsium | 20 | 2 | 8 | 8 | 2 | 2 |
| Bromin | 35 | 2 | 8 | 18 | 7 | 7 |



Tugas Individu

1. Jelaskan kelemahan model atom Rutherford!
2. Bagaimana Niels Bohr mengatasi kelemahan model atom Rutherford?
3. Dewasa ini model atom yang diterima para ahli adalah model atom mekanika kuantum. Apakah model atom mekanika kuantum ini sudah sempurna? Masih mungkinkah ada model atom yang lebih sempurna?

Latihan 1.1

1. Salin dan lengkapi daftar berikut dengan jawaban singkat!

| Teori Atom | Dasar | Isi | Kelemahan |
|------------|-------|-------|-----------|
| Dalton | | | |
| Thompson | | | |
| Rutherford | | | |
| Niels Bohr | | | |

2. Tulislah konfigurasi elektron, dan tentukan elektron valensi dari unsur-unsur berikut!

| Unsur | Nomor Atom | Konfigurasi Elektron | | | | | Elektron Valensi |
|----------|------------|----------------------|------|------|------|------|------------------|
| | | K | L | M | N | O | |
| Natrium | 11 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Litium | 3 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Kalium | 19 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Belerang | 16 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Argon | 18 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Arsen | 33 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Kripton | 36 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Barium | 56 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Bismut | 83 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |
| Fransium | 87 | .... | .... | .... | .... | .... | ..... |

B. Partikel Dasar

1. Sifat-sifat Partikel Dasar

Walaupun pada awalnya atom diartikan sebagai partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi, tetapi dalam perkembangannya ternyata ditemukan bahwa atom tersusun atas tiga jenis partikel sub-atom (partikel dasar), yaitu proton, elektron, dan neutron.

Massa partikel dasar dinyatakan dalam satuan massa atom (sma), di mana $1 \text{ sma} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ gram}$. Sedangkan muatan partikel dasar dinyatakan sebagai muatan relatif terhadap muatan elektron (e), di mana muatan 1 elektron = $e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$.

Muatan 1 proton sama dengan muatan 1 elektron, tetapi tandanya berbeda. Massa 1 proton sama dengan massa 1 neutron, masing-masing 1 sma. Massa elektron lebih kecil daripada massa proton atau neutron.

2. Susunan Atom

Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1887 – 1915) pada tahun 1913 menemukan bahwa jumlah muatan positif dalam inti atom merupakan sifat khas masing-masing unsur. Atom-atom dari unsur yang sama memiliki jumlah muatan positif yang sama. Moseley kemudian mengusulkan agar istilah nomor atom diberi lambang Z , untuk menyebutkan jumlah muatan positif dalam inti atom.

Nomor atom unsur menunjukkan jumlah proton dalam inti. Setelah dilakukan percobaan, diketahui bahwa atom tidak bermuatan listrik yang berarti dalam atom jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif, sehingga nomor atom juga menunjukkan jumlah elektron dalam unsur.

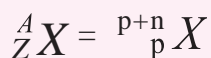
$$\begin{aligned} \text{Nomor atom } (Z) &= \text{jumlah proton} \\ &= \text{jumlah elektron} \end{aligned}$$

Misalnya, unsur oksigen memiliki nomor atom 8 ($Z = 8$), berarti dalam atom oksigen terdapat 8 proton dan 8 elektron.

Selain nomor atom, ada juga yang disebut dengan nomor massa yang biasanya diberi lambang A . Nomor massa ini digunakan untuk menentukan jumlah nukleon dalam atom suatu unsur. *Nukleon* sendiri adalah partikel penyusun inti atom yang terdiri dari proton dan neutron.

$$A(\text{nomor massa}) = \text{jumlah proton } (p) + \text{jumlah neutron } (n)$$

Dalam penulisan atom, nomor massa (A) ditulis di sebelah kiri atas, sedangkan nomor atom (Z) ditulis di sebelah kiri bawah dari lambang unsur.



Keterangan: X = lambang unsur
 A = nomor massa
 Z = nomor atom

Untuk ion (atom bermuatan positif atau negatif) maka notasi ion, jumlah proton, neutron, dan elektron adalah:

| Notasi | <u>Ion Positif</u> ${}_Z^AX^{q+}$ | <u>Ion Negatif</u> ${}_Z^AX^{r-}$ |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Jumlah proton (p) Jumlah neutron (n) Jumlah elektron (e) | $p = Z$ $n = A - Z$ $e = p - q$ | $p = Z$ $n = A - Z$ $e = p + r$ |

Catatan

- Untuk atom netral, jumlah proton sama dengan jumlah elektron.
- Untuk ion positif, jumlah proton (muatan positif) lebih banyak daripada elektron (muatan negatif).
- Untuk ion negatif, jumlah elektron (muatan negatif) lebih banyak daripada proton (muatan positif).

Contoh:

- a. ${}_{6}^{12}\text{C}$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
 $p = Z = 6$
 $n = A - Z = 12 - 6 = 6$
 Karena atom netral (tak bermuatan) maka $e = p = 6$.
- b. Pada ion ${}_{9}^{19}\text{F}^{-}$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
 $p = Z = 9$
 $n = A - Z = 19 - 9 = 10$
 Karena muatan F adalah -1 maka $r = 1$, sehingga:
 $e = p + r = 9 + 1 = 10$
- c. ${}_{38}^{88}\text{Sr}^{2+}$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
 $p = Z = 38$
 $n = A - Z = 88 - 38 = 50$
 Karena muatan Sr adalah $2+$, maka $q = 2$ sehingga:
 $e = p - q = 38 - 2 = 36$

Latihan 1.2

1. Salin dan tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron dalam atom-atom berikut.

| Notasi | Jumlah Proton | Jumlah Elektron | Jumlah Neutron |
|------------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| ${}_{11}^{23}\text{Na}^+$ | | | |
| ${}_{7}^{14}\text{N}$ | | | |
| ${}_{8}^{16}\text{O}^{2-}$ | | | |
| ${}_{56}^{137}\text{Ba}$ | | | |
| ${}_{20}^{40}\text{Ca}^{2+}$ | | | |
| ${}_{29}^{64}\text{Cu}^+$ | | | |
| ${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$ | | | |
| ${}_{18}^{40}\text{Ar}$ | | | |
| ${}_{24}^{52}\text{Cr}^{3+}$ | | | |
| ${}_{47}^{108}\text{Ag}^+$ | | | |

2. Bila diketahui jumlah proton, neutron, dan elektron, tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulislah notasi atom dari unsur-unsur berikut di buku latihan Anda!

| Unsur | Jumlah Proton | Jumlah Elektron | Jumlah Neutron | Nomor Atom | Nomor Massa | Notasi |
|-------|---------------|-----------------|----------------|------------|-------------|--------|
| K | 19 | 19 | 20 | | | |
| Mg | 12 | 10 | 12 | | | |
| Mn | 25 | 23 | 30 | | | |
| Si | 14 | 14 | 14 | | | |
| N | 7 | 7 | 7 | | | |
| S | 16 | 18 | 16 | | | |
| I | 53 | 54 | 74 | | | |
| Xe | 54 | 54 | 77 | | | |
| Pb | 82 | 80 | 125 | | | |
| Cs | 55 | 54 | 78 | | | |

- Ion Au^{3+} mempunyai jumlah elektron 76 dan neutron 118. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur emas!
- Ion Br^- mempunyai jumlah elektron 36 dan neutron 45. Tentukan nomor atom dan nomor massa Br!
- Unsur kalium mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 8, 1, dan mempunyai jumlah neutron 20. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur kalium!
- Ion Zn^{2+} mempunyai jumlah elektron 28 dan neutron 35. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur seng tersebut!
- Ion Mg^{2+} mempunyai konfigurasi elektron 2, 8. Tentukan nomor atom unsur magnesium!

3. Penemuan Partikel Dasar

a. Penemuan Elektron

Setelah **John Dalton** (1766-1844) pada tahun 1803 mengemukakan teori atom yang pertama kali, maka tidak lama setelah itu dua orang ilmuwan yaitu **Sir Humphry Davy** (1778-1829) dan muridnya **Michael Faraday** (1791-1867), menemukan metode elektrolisis, yaitu cara menguraikan senyawa menjadi unsur-unsurnya dengan bantuan arus listrik. Dengan metode baru itulah akhirnya mereka menemukan bahwa atom mengandung muatan listrik.

Sejak pertengahan abad ke-19, para ilmuwan banyak meneliti daya hantar listrik dari gas-gas pada tekanan rendah. Tabung lampu gas pertama kali dirancang oleh **Heinrich Geissler** (1829-1879) dari Jerman pada tahun 1854. Rekannya, **Julius Plucker** (1801-1868), membuat eksperimen sebagai berikut. Dua pelat logam ditempatkan pada masing-masing tabung Geissler yang divakumkan, lalu tabung gelas itu diisi dengan gas pada tekanan rendah. Salah satu pelat logam (disebut anode) membawa muatan positif, dan pelat yang satu lagi (disebut katode) membawa muatan negatif. Ketika muatan listrik bertegangan tinggi dialirkan melalui gas dalam tabung, muncullah nyala berupa sinar dari katode ke anode. Sinar yang dihasilkan ini disebut *sinar katode*.

Plucker ternyata kurang teliti dalam pengamatannya dan menganggap sinar tersebut hanyalah cahaya listrik biasa. Pada tahun 1875, **William Crookes** (1832-1919) dari Inggris, mengulangi eksperimen Plucker tersebut dengan lebih teliti dan mengungkapkan bahwa sinar katode merupakan kumpulan partikel-partikel yang saat itu belum dikenal.

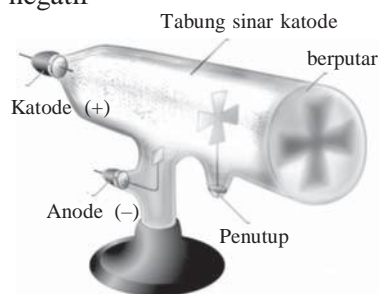
Hasil-hasil eksperimen Crookes dapat dirangkum sebagai berikut.

- 1) Partikel sinar katode bermuatan negatif

sebab tertarik oleh pelat yang bermuatan positif.

- 2) Partikel sinar katode mempunyai massa sebab mampu memutar baling-baling dalam tabung.

- 3) Partikel sinar katode dimiliki oleh semua materi sebab semua bahan yang digunakan (padat, cair, dan gas) menghasilkan sinar katode yang sama.



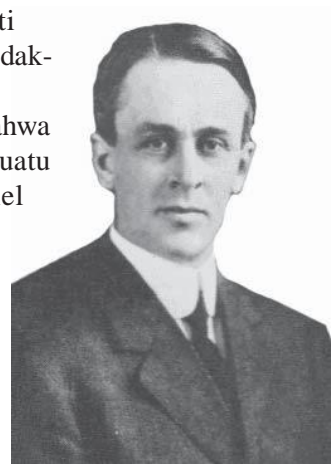
Gambar 1.10 Tabung sinar katode William Crookes. Sumber: Microsoft Encarta Reference Library 2006.

Partikel sinar katode itu dinamai “elektron” oleh **George Johnstone Stoney** (1817 – 1895) pada tahun 1891.

Pada masa itu para ilmuwan masih diliputi kebingungan dan ketidaktahuan serta ketidakpercayaan bahwa setiap materi memiliki eelektron karena mereka masih percaya bahwa atom adalah partikel terkecil penyusun suatu materi. Kalau atom merupakan partikel terkecil, maka di manakah keberadaan elektron dalam materi tersebut?

Pada tahun 1897, **Joseph John Thompson** (1856 – 1940) dari Inggris melalui serangkaian eksperimennya berhasil mendeteksi atau menemukan elektron yang dimaksud Stoney.

Thompson membuktikan bahwa elektron merupakan partikel penyusun atom, bahkan Thompson mampu menghitung perbandingan muatan terhadap massa



Gambar 1.11 Robert Millikan (1868–1953). Sumber: “Chemistry” Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. Allyn and Bacon Inc. USA

$\left(\frac{e}{m} \right)$
elektron $\left(\frac{e}{m} \right)$, yaitu $1,759 \times 10^8$
coulomb/gram.

Kemudian pada tahun 1908, **Robert Andrew Millikan** (1868-1953) dari Universitas Chicago menemukan harga muatan elektron, yaitu $1,602 \times 10^{-19}$ coulomb. Dengan demikian massa sebuah elektron dapat dihitung.

$$\begin{aligned} \text{Massa satu elektron} &= \left(\frac{e}{\frac{e}{m}} \right) \\ &= \left(\frac{1,602 \times 10^{-19}}{1,759 \times 10^8} \right) \\ &= 9,11 \times 10^{-28} \text{ gram} \end{aligned}$$

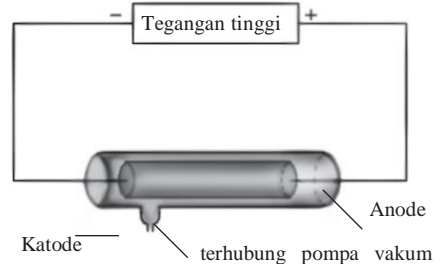
b. Penemuan Proton

Keberadaan partikel bermuatan positif yang dikandung oleh atom diisyaratkan oleh **Eugen Goldstein** (1850-1930) pada tahun 1886. Dengan ditemukannya elektron, para ilmuwan semakin yakin bahwa dalam atom pasti ada partikel bermuatan positif untuk mengimbangi muatan negatif dari elektron. Selain itu, jika seandainya partikel penyusun atom hanya elektron-elektron, maka jumlah massa elektron terlalu kecil dibandingkan terhadap massa sebutir atom.

Keberadaan partikel penyusun atom yang bermuatan positif itu semakin terbukti ketika **Ernest Rutherford** (1871-1937), orang Selandia Baru yang pindah ke Inggris, pada tahun 1906 berhasil menghitung bahwa massa partikel bermuatan positif itu kira-kira 1.837 kali massa elektron. Kini kita menamai partikel itu *proton*, nama yang baru dipakai mulai tahun 1919.

$$\text{Massa 1 elektron} = 9,11 \times 10^{-28} \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa 1 proton} &= 1.837 \times 9,11 \times 10^{-28} \text{ gram} \\ &= 1,673 \times 10^{-24} \text{ gram} \end{aligned}$$



Gambar 1.12 Tabung sinar terusan

c. Penemuan Neutron

Setelah para ilmuwan mempercayai adanya elektron dan proton dalam atom, maka timbul masalah baru, yaitu jika hampir semua massa atom terhimpun pada inti (sebab massa elektron sangat kecil dan dapat diabaikan), ternyata jumlah proton dalam inti belum mencukupi untuk sesuai dengan massa atom. Jadi, dalam inti pasti ada partikel lain yang menemani proton-proton. Pada tahun 1932, **James Chadwick** (1891–1974) menemukan *neutron-neutron*, partikel inti yang tidak bermuatan. Massa sebutir neutron adalah $1,675 \times 10^{-24}$ gram, hampir sama atau boleh dianggap sama dengan massa sebutir proton.

Jadi sekarang diketahui dan dipercayai oleh para ilmuwan bahwa inti atom tersusun atas dua partikel, yaitu proton (partikel yang bermuatan positif) dan neutron (partikel yang tidak bermuatan). Proton dan neutron mempunyai nama umum, *nukleon-nukleon*, artinya partikel-partikel inti.

Latihan 1.3

Salin dan EerjaEan soalJsoal beriEut di buEu latikan Anda!

1. Lengkapilah tabel berikut.

| Partikel | Massa | | Muatan Listrik | |
|--------------|-------|-----|----------------|--------|
| | gram | sma | coulomb (C) | Atomik |
| Proton (p) | | | | + 1 |
| Neutron (n) | | | | 0 |
| Elektron (e) | | | | -1 |

2. Berdasarkan tabel pada soal nomor 1,

- bandingkan massa elektron terhadap massa proton!
- mengapa massa elektron diabaikan?

3. Lengkapilah tabel berikut.

| Partikel | Nama Penemu |
|----------|-------------|
| Proton | |
| Neutron | |
| Elektron | |



Tugas Individu

Carilah teori atom yang terbaru yang dapat Anda peroleh dengan media internet. Berilah kesimpulan yang dapat Anda tarik berdasarkan data-data yang diperoleh!

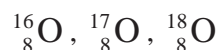
C. Isotop, Isobar, dan Isoton

1. Isotop

Salah satu teori Dalton menyatakan bahwa atom-atom dari unsur yang sama memiliki massa yang sama. Pendapat Dalton ini tidak sepenuhnya benar. Kini diketahui bahwa atom-atom dari unsur yang sama dapat memiliki massa yang berbeda. Fenomena semacam ini disebut *isotop*.

Isotop adalah unsur-unsur sejenis yang memiliki nomor atom sama, tetapi memiliki massa atom berbeda atau unsur-unsur sejenis yang memiliki jumlah proton sama, tetapi jumlah neutron berbeda.

Sebagai contoh, atom oksigen memiliki tiga isotop, yaitu:



2. Isobar

Isobar adalah atom dari unsur yang berbeda (mempunyai nomor atom berbeda), tetapi mempunyai nomor massa yang sama.

Sebagai contoh:



3. Isoton

Isoton adalah atom dari unsur yang berbeda (mempunyai nomor atom berbeda), tetapi mempunyai jumlah neutron sama.

Sebagai contoh:



Rangkuman

1. Teori atom Dalton didasarkan atas tiga asumsi pokok, yaitu:
 - a. Setiap unsur kimia tersusun oleh partikel-partikel kecil yang tidak dapat dihancurkan dan dipisahkan yang disebut atom. Selama mengalami perubahan kimia, atom tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan.
 - b. Semua atom dari suatu unsur mempunyai massa dan sifat yang sama, tetapi atom-atom dari suatu unsur berbeda dengan atom-atom dari unsur yang lain, baik massa maupun sifat-sifatnya yang berlainan.
 - c. Dalam senyawa kimiawi, atom-atom dari unsur yang berlainan melakukan ikatan dengan perbandingan angka sederhana.
2. Model atom Thompson dianalogkan seperti sebuah roti kismis, di mana atom terdiri atas materi bermuatan positif dan di dalamnya tersebar elektron bagaikan kismis dalam roti kismis. Karena muatan positif dan negatif bercampur jadi satu dengan jumlah yang sama, maka secara keseluruhan atom menurut Thompson bersifat netral.
3. Model atom Rutherford menyatakan bahwa:
 - a. Atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif, dan elektron-elektron bermuatan negatif yang mengelilingi inti.
 - b. Semua proton terkumpul dalam inti atom, dan menyebabkan inti atom bermuatan positif.
 - c. Sebagian besar volume atom merupakan ruang kosong. Hampir semua massa atom terpusat pada inti atom yang sangat kecil. Jari-jari atom sekitar 10^{-10} m, sedangkan jari-jari inti atom sekitar 10^{-15} m.
 - d. Jumlah proton dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti, sedangkan atom bersifat netral.
4. Model atom Bohr dianalogkan seperti sebuah tata surya mini. Pada tata surya, planet-planet beredar mengelilingi matahari, sedangkan pada atom, elektron-elektron beredar mengelilingi atom, hanya bedanya pada sistem tata surya setiap lintasan (orbit) hanya ditempati 1 planet, sedangkan pada atom setiap lintasan (kulit) dapat ditempati lebih dari 1 elektron.
5. Partikel dasar penyusun atom adalah proton, elektron, dan neutron.
6. Hubungan antara nomor atom, massa atom, dan jumlah neutron adalah:
$$\begin{aligned}\text{Nomor atom (Z)} &= \text{jumlah proton} \\ &= \text{jumlah elektron} \\ \text{Massa atom (A)} &= \text{jumlah proton} + \text{neutron} \\ \text{Jumlah neutron} &= A - Z\end{aligned}$$
7. Isotop adalah atom dari unsur yang sama, tetapi berbeda massa. Perbedaan massa disebabkan perbedaan jumlah neutron. Atom unsur yang sama dapat mempunyai jumlah neutron yang berbeda. Isobar adalah atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai nomor massa sama. Isoton adalah atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai jumlah neutron sama.



Uji Hompetensi 1

1234567890123456789012

I. Berilah tanda silang (X) kurus A, B, C, D, atau G pada jawaban yang paling benar!

1. Partikel penyusun inti atom adalah
 - A. proton
 - B. neutron
 - C. neutron dan elektron
 - D. proton dan neutron
 - E. proton, elektron, dan neutron
2. Di antara pernyataan berikut ini, yang benar untuk neutron adalah
 - A. jumlahnya selalu sama dengan jumlah proton
 - B. jumlahnya dapat berbeda sesuai dengan nomor massa isotopnya
 - C. jumlahnya sama dengan jumlah elektron
 - D. merupakan partikel atom bermuatan positif
 - E. merupakan partikel atom bermuatan negatif
3. Partikel dasar penyusun atom terdiri atas proton, neutron, dan elektron. Muatan listrik partikel dasar tersebut berturut-turut adalah

| | |
|--------------|--------------|
| A. -1; +1; 0 | D. -1; 0; +1 |
| B. +1; -1; 0 | E. 0; -1; +1 |
| C. +1; 0; -1 | |
4. Jumlah maksimum elektron pada kulit N adalah

| | |
|-------|-------|
| A. 18 | D. 32 |
| B. 20 | E. 50 |
| C. 30 | |
5. Suatu isotop mempunyai 21 neutron dan nomor massa 40. Unsur tersebut mempunyai elektron valensi sebanyak

| | |
|------|------|
| A. 1 | D. 6 |
| B. 2 | E. 9 |
| C. 3 | |
6. Diketahui nomor atom K dan Ar berturut-turut adalah 19 dan 18. Ion K^+ dan atom Ar mempunyai kesamaan dalam hal

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| A. konfigurasi elektron | D. muatan inti |
| B. jumlah proton | E. jumlah partikel dasar |
| C. jumlah neutron | |
7. Suatu unsur mempunyai konfigurasi elektron $K = 2$, $L = 8$, $M = 18$, dan $N = 7$. Salah satu isotopnya mempunyai nomor massa 80. Isotop tersebut mengandung
 - A. 35 elektron dan 35 neutron
 - B. 35 proton dan 35 neutron
 - C. 35 proton dan 45 neutron
 - D. 35 elektron dan 80 neutron
 - E. 80 elektron dan 80 neutron

8. Suatu atom bermuatan negatif dua. Jika nomor massa 16 dan memiliki jumlah elektron 10, maka atom tersebut dilambangkan ...

| | |
|-----------------|------------------|
| A. $^{10}_6X$ | D. $^{16}_{12}X$ |
| B. $^{16}_8X$ | E. $^{26}_{16}X$ |
| C. $^{6}_{10}X$ | |
9. Konfigurasi elektron atom $^{40}_{20}\text{Ca}$ adalah ...

| | |
|---------------|---------------|
| A. 2, 8, 10 | D. 2, 2, 8, 8 |
| B. 2, 8, 9, 1 | E. 2, 10, 8 |
| C. 2, 8, 8, 2 | |
10. Suatu atom memiliki nomor massa 23 dan dalam intinya terdapat 12 neutron. Banyak elektron pada kulit terluar adalah ...

| | |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 | |
11. Diketahui $^{7}_{7}\text{N}$, $^{8}_{8}\text{O}$, $^{9}_{9}\text{F}$, $^{11}_{11}\text{Na}$, dan $^{12}_{12}\text{Mg}$. Yang mempunyai elektron valensi tertinggi adalah unsur ...

| | |
|------|-------|
| A. N | D. Na |
| B. O | E. Mg |
| C. F | |
12. Ion di bawah ini memiliki konfigurasi seperti gas $^{10}_{10}\text{Ne}$, *kecuali* ...

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| A. $^{11}_{11}\text{Na}^{+}$ | D. $^{16}_{16}\text{S}^{2-}$ |
| B. $^{12}_{12}\text{Mg}^{2+}$ | E. $^{8}_{8}\text{O}^{2-}$ |
| C. $^{13}_{13}\text{Al}^{3+}$ | |
13. Jika unsur A memiliki nomor atom 16, elektron yang dimiliki A^{2-} adalah ...

| | |
|-------|-------|
| A. 10 | D. 16 |
| B. 12 | E. 18 |
| C. 14 | |
14. Unsur di bawah ini memiliki elektron valensi sama, *kecuali* ...

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| A. ^4_4Be | D. $^{20}_{20}\text{Ca}$ |
| B. ^7_7N | E. $^{38}_{38}\text{Sr}$ |
| C. $^{12}_{12}\text{Mg}$ | |
15. Pasangan unsur di bawah ini yang merupakan isotop adalah ...

| | |
|--|--|
| A. $^{23}_{11}\text{Na}$ dan $^{23}_{11}\text{Mg}$ | D. $^{32}_{15}\text{P}$ dan $^{32}_{16}\text{S}$ |
| B. $^{31}_{15}\text{P}$ dan $^{32}_{16}\text{S}$ | E. $^{123}_{51}\text{Sb}$ dan $^{123}_{52}\text{Te}$ |
| C. $^{233}_{92}\text{U}$ dan $^{238}_{92}\text{U}$ | |

16. Diketahui unsur ${}_{15}^{31}\text{P}$, ${}_{16}^{30}\text{Q}$, ${}_{15}^{32}\text{R}$, dan ${}_{16}^{32}\text{S}$. Unsur-unsur yang merupakan isobar adalah
- A. P dan Q
B. Q dan R
C. P dan R
D. Q dan S
E. R dan S
17. Di antara pasangan berikut ini, yang merupakan isotop adalah
- A. ${}_{82}^{214}\text{Pb}$ dan ${}_{84}^{214}\text{Pb}$
B. ${}_{83}^{213}\text{Bi}$ dan ${}_{84}^{214}\text{Po}$
C. ${}_{84}^{214}\text{Pb}$ dan ${}_{82}^{214}\text{Pb}$
D. ${}_{12}^{21}\text{Mg}$ dan ${}_{20}^{40}\text{Ca}$
E. ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ dan ${}_{19}^{39}\text{K}$
18. Gas dapat menghantar listrik apabila
- A. pada tekanan rendah diberi tegangan listrik tinggi
B. pada tekanan tinggi diberi tegangan listrik tinggi
C. pada tekanan tinggi diberi tegangan listrik rendah
D. pada tekanan rendah diberi tegangan listrik rendah
E. pada suhu rendah diberi tegangan listrik rendah
19. Partikel alfa yang ditembakkan pada lempeng logam tipis sebagian besar diteruskan, tetapi sebagian kecil dibelokkan atau dipantulkan. Partikel alfa yang lintasannya mengalami pembelokan adalah
- A. partikel alfa yang menabrak inti atom
B. partikel alfa yang menabrak elektron
C. partikel alfa yang melewati ruang kosong jauh dari inti atom
D. partikel alfa yang melewati ruang kosong mendekati inti atom
E. partikel alfa yang berenergi rendah
20. Di antara pernyataan berikut ini, yang *tidak* benar adalah
- A. elektron ditemukan oleh J. J. Thompson melalui percobaan dengan tabung sinar katode
B. neutron ditemukan oleh J. Chadwick pada tahun 1932
C. inti atom ditemukan oleh E. Rutherford melalui percobaan penghamburan sinar alfa
D. proton ditemukan oleh Henry Bacquerel pada tahun 1896
E. muatan elektron ditemukan oleh A. R. Millikan melalui percobaan tetes minyak
21. Di antara perpindahan elektron berikut, yang disertai pelepasan energi paling besar adalah
- A. dari kulit K ke kulit N
B. dari kulit M ke kulit K
C. dari kulit L ke kulit K
D. dari kulit M ke kulit P
E. dari kulit N ke kulit M

22. Teori atom Niels Bohr mengandung gagasan tentang
 - A. partikel dasar
 - B. inti atom
 - C. tingkat energi dalam atom
 - D. isotop
 - E. orbital
23. Zat yang memancarkan radiasi secara spontan dan bermuatan negatif disebut
 - A. elektron
 - B. sinar gama
 - C. sinar beta
 - D. sinar alfa
 - E. sinar radioaktif
24. Suatu bilangan bulat positif yang digunakan untuk membedakan kulit atom adalah
 - A. nomor massa
 - B. nomor atom
 - C. bilangan kuantum utama
 - D. jumlah proton
 - E. jumlah neutron
25. Partikel penyusun inti atom disebut
 - A. inti atom
 - B. proton
 - C. neutron
 - D. nukleon
 - E. elektron

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimana atom digambarkan pertama kali?
2. Sebutkan sub-sub bagian atom!
3. Sebutkan tokoh-tokoh yang merancang ditemukannya sinar katode!
4. Apakah sumbangan besar yang dikemukakan oleh Robert Millikan?
5. Bagaimana gambaran atom menurut Thompson?
6. Bagaimana rancangan Rutherford terhadap percobaannya untuk meluruskan pandangan Thompson tentang model atom kismisnya?
7. Apakah kesimpulan yang dihasilkan dari percobaan Rutherford?
8. a. Sebutkan tokoh yang menemukan proton!
 b. Bagaimana rancangan percobaan sampai ditemukan proton?
 c. Sebutkan sifat-sifat proton!
9. a. Sebutkan tokoh yang menemukan neutron!
 b. Bagaimana rancangan percobaan sampai ditemukan neutron?
 c. Sebutkan sifat-sifat neutron!
10. Jelaskan perbedaan isotop, isoton, dan isobar!
11. Diketahui nuklida-nuklida: ${}_{11}^{23}\text{Na}$, ${}_{16}^{32}\text{S}$, ${}_{19}^{39}\text{K}$, ${}_{20}^{40}\text{Ca}$, ${}_{11}^{24}\text{Na}$, ${}_{12}^{24}\text{Mg}$.
 - a. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isotop!
 - b. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isoton!
 - c. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isobar!

12. Siapakah nama tokoh yang menemukan teori bahwa atom bukan partikel terkecil? Apakah hasil temuan tokoh tersebut?
13. Sebutkan kelemahan teori atom menurut:
- Dalton
 - Thompson
 - Niels Bohr
14. Tentukan konfigurasi elektron dan jumlah elektron valensi unsur-unsur berikut.
- $_{10}\text{Ne}$
 - $_{17}\text{Cl}$
 - $_{20}\text{Ca}$
 - $_{35}\text{Br}$
 - $_{37}\text{Rb}$
 - $_{51}\text{Sb}$
 - $_{55}\text{Cs}$
 - $_{82}\text{Pb}$
 - $_{86}\text{Rn}$
15. Suatu atom X mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 18, 8, 1. Jumlah neutronnya 48. Tentukan nomor atom, nomor massa, dan tuliskan notasi atom X tersebut!
16. Ion S^{2-} mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 8 dan jumlah proton 16. Tentukan nomor atom, nomor massa, dan tuliskan notasi atom S tersebut!
17. Salin dan lengkapi tabel berikut ini!

| Unsur | Jumlah | | | Nomor Atom | Nomor Massa | Notasi |
|-----------|--------|----------|---------|------------|-------------|----------------------------|
| | Proton | Elektron | Neutron | | | |
| Kalium | 19 | 18 | 20 | | | |
| Kalsium | | | | | | $_{20}^{40}\text{Ca}$ |
| Barium | 56 | 54 | 81 | | | |
| Belerang | | | | | | $_{16}^{32}\text{S}^{2-}$ |
| Fosfor | 15 | 15 | 16 | | | |
| Oksigen | 8 | 10 | 8 | | | |
| Klorin | 17 | 18 | 18 | | | |
| Argon | 18 | 18 | 22 | | | |
| Aluminium | | | | | | $_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$ |
| Xenon | | | | | | $_{54}^{131}\text{Xe}$ |

18. Sebutkan tokoh-tokoh yang mendukung teori atom modern!
19. Suatu atom Q mempunyai konfigurasi elektron dengan jumlah kulit 3 dan elektron valensi 7. Bila jumlah neutronnya 18, tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulis notasi atom Q tersebut!
20. Diketahui ion $_{87}^{223}\text{Fr}^{+}$, tentukan jumlah proton, neutron, dan elektronnya!

1.2 Sistem Periodik Unsur

Setelah para ahli secara terus-menerus menemukan unsur-unsur baru, maka jumlah unsur semakin banyak dan hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam mempelajarinya, jika tidak ada cara yang praktis untuk mempelajarinya. Oleh karena itu, para ahli berusaha membuat pengelompokan sehingga unsur-unsur tersebut tertata dengan baik. Puncak dari usaha tersebut adalah terciptanya suatu tabel unsur yang disebut *sistem periodik unsur*. Sistem periodik unsur ini mengandung banyak sekali informasi tentang sifat-sifat unsur, sehingga sangat membantu dalam mempelajari unsur-unsur yang kini berjumlah tidak kurang dari 118, yang meliputi unsur alam dan unsur sintesis.

A. Perkembangan Sistem Periodik Unsur

Upaya untuk mengelompokkan unsur-unsur ke dalam kelompok-kelompok tertentu sebenarnya sudah dilakukan para ahli sejak dulu, tetapi pengelompokan masa itu masih sederhana. Pengelompokan yang paling sederhana ialah membagi unsur ke dalam kelompok logam dan nonlogam.

Seiring perkembangan ilmu kimia, usaha pengelompokan unsur-unsur yang semakin banyak tersebut dilakukan oleh para ahli dengan berbagai dasar pengelompokan yang berbeda-beda, tetapi tujuan akhirnya sama, yaitu mempermudah dalam mempelajari sifat-sifat unsur. Dimulai pada tahun 1829, **Johan Wolfgang Dobereiner** mengelompokkan unsur-unsur yang sangat mirip sifatnya. Ternyata tiap kelompok terdiri dari tiga unsur, sehingga kelompok itu disebut *triad*. Apabila unsur-unsur dalam satu triad disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, ternyata massa atom maupun sifat-sifat unsur yang kedua merupakan rata-rata dari massa atom relatif maupun sifat-sifat unsur pertama dan ketiga.

Wabel 1.1 Contoh Pengelompokan Sifat Unsur

| Triad | A_r | Rata-rata A_r Unsur Pertama dan Ketiga | Wujud |
|--------|-------|--|-------|
| Klorin | 35,5 | $\frac{35,5 + 127}{2} = 81,2$ | Gas |
| Bromin | 79,9 | | Cair |
| Iodin | 127 | | Padat |

Sistem triad ini ternyata ada kelemahannya. Sistem ini kurang efisien karena ternyata ada beberapa unsur lain yang tidak termasuk dalam satu triad, tetapi mempunyai sifat-sifat mirip dengan triad tersebut.

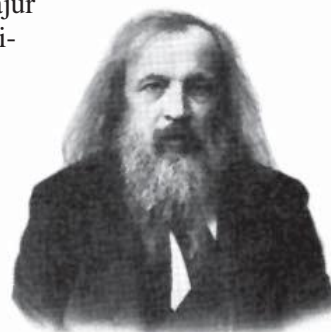
Usaha selanjutnya dilakukan oleh seorang ahli kimia asal Inggris bernama **A. R. Newlands**, yang pada tahun 1864 mengumumkan penemuannya yang disebut *hukum oktaf*. Newlands menyusun unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya. Ternyata unsur yang berselisih 1 oktaf (unsur ke-1 dan ke-8, unsur ke-2 dan unsur ke-9), menunjukkan kemiripan sifat. Hukum oktaf ini juga mempunyai kelemahan karena hanya berlaku untuk unsur-unsur ringan. Jika diteruskan, ternyata kemiripan sifat terlalu dipaksakan. Misalnya, Zn mempunyai sifat yang cukup berbeda dengan Be, Mg, dan Ca.

Berikut ini tabel yang memuat sebagian dari daftar oktaf Newlands.

Wabel 1.2 Sebagian Daftar Oktaf Newlands

| Do | Re | Mi | Fa | Sol | La | Si |
|--------|----|----|----|-----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| H | Li | Be | B | C | N | O |
| F | Na | Mg | Al | Si | P | S |
| Cl | K | Ca | Cr | Ti | Mn | Fe |
| Co, Ni | Cu | Zn | Y | In | As | Se |

Kemudian pada tahun 1869, seorang sarjana asal Rusia bernama **Dmitri Ivanovich Mendeleev**, berdasarkan pengamatannya terhadap 63 unsur yang sudah dikenal ketika itu, menyimpulkan bahwa sifat-sifat unsur adalah fungsi periodik dari massa atom relatifnya dan persamaan sifat. Artinya, jika unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, maka sifat tertentu akan berulang secara periodik. Mendeleev menempatkan unsur-unsur yang mempunyai kemiripan sifat dalam satu lajur vertikal, yang disebut *golongan*. Lajur-lajur horizontal, yaitu lajur unsur-unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya, disebut *periode*. Sistem periodik Mendeleev ini mempunyai kelemahan dan juga keunggulan. Kelemahan sistem ini adalah penempatan beberapa unsur tidak sesuai dengan kenaikan massa atom relatifnya. Selain itu masih banyak unsur yang belum dikenal. Sedangkan keunggulan sistem periodik Mendeleev adalah bahwa Mendeleev berani mengosongkan beberapa tempat dengan keyakinan bahwa masih ada unsur yang belum dikenal (James E. Brady, 1990).



Gambar 1.13 Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834 – 1907)

Sumber: "Chemistry and Chemical Reactivity", Kotz and Purcell 1987, CBS College Publishing New York

Kurang lebih 45 tahun berikutnya, tepatnya pada tahun 1914, **Henry G. Moseley** (1887 – 1915) menemukan bahwa urutan unsur dalam sistem periodik sesuai dengan kenaikan nomor atom unsur. Penempatan telurium ($A_r = 128$) dan iodin ($A_r = 127$) yang tidak sesuai dengan kenaikan massa atom relatif, ternyata sesuai dengan kenaikan nomor atomnya (nomor atom Te = 52; I = 53). Jadi, sifat periodik lebih tepat dikatakan sebagai fungsi nomor atom. Sistem periodik unsur modern disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat. *Sistem periodik unsur modern merupakan penyempurnaan dari sistem periodik Mendeleev.*

1. Dasar Penyusunan Sistem Periodik Unsur Modern

Sistem periodik unsur modern (lihat gambar 1.14) disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat. Lajur horizontal, yang selanjutnya disebut *periode*, disusun menurut kenaikan nomor atom, sedangkan lajur vertikal, yang selanjutnya disebut *golongan*, disusun menurut kemiripan sifat.

Unsur segolongan bukannya mempunyai sifat yang sama, melainkan mempunyai kemiripan sifat. Setiap unsur memiliki sifat khas yang membedakannya dari unsur lainnya. Unsur-unsur dalam sistem periodik dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu unsur-unsur yang menempati golongan A yang disebut *unsur golongan utama*, dan unsur-unsur yang menempati golongan B yang disebut *unsur transisi* (James E. Brady, 1990).

Latihan 1.4

1. Apakah tujuan para ahli kimia mengelompokkan unsur-unsur?
2. Jelaskan pengelompokan unsur menurut:
 - a. Dobereiner
 - b. Newlands
 - c. Mendeleev
 - d. Moseley
3. Apakah kelemahan pengelompokan unsur menurut:
 - a. Dobereiner
 - b. Newlands
 - c. Mendeleev
4. Berdasarkan apakah Moseley menyempurnakan sistem periodik Mendeleev?
5. Apakah perbedaan pengelompokan unsur menurut Mendeleev dengan Moseley berdasarkan golongan dan periode?

2. Susunan Sistem Periodik Unsur Modern

Sistem periodik unsur modern yang disebut juga sistem periodik bentuk panjang, terdiri atas 7 periode dan 8 golongan. Periode 1, 2, dan 3 disebut *periode pendek* karena berisi sedikit unsur, sedangkan periode lainnya disebut *periode panjang*. Golongan terbagi atas golongan A dan golongan **B**. Unsur-unsur golongan A disebut *golongan utama*, sedangkan golongan B disebut *golongan transisi*. Golongan-golongan B terletak antara golongan IIA dan IIIA. Golongan B mulai terdapat pada periode 4.

Dalam sistem periodik unsur yang terbaru, golongan ditandai dengan golongan 1 sampai dengan golongan 18 secara berurutan dari kiri ke kanan. Dengan cara ini, maka unsur transisi terletak pada golongan 3 sampai dengan golongan 10. Cara seperti itu dapat dilihat pada sistem periodik unsur pada gambar 1.14.

Hidrogen ditempatkan dalam golongan IA, terutama karena mempunyai 1 elektron valensi. Akan tetapi, terdapat perbedaan sifat yang cukup nyata antara hidrogen dengan unsur golongan IA lainnya. Hidrogen tergolong nonlogam, sedangkan yang lainnya merupakan logam aktif. Dengan alasan tersebut, hidrogen kadang-kadang ditempatkan terpisah di bagian atas sistem periodik unsur.

The image shows a standard periodic table with elements arranged by atomic number. Groups are labeled at the top (I A, II A, III A, IV A, V A, VI A, VII A, VIII A, I B, II B, III B, IV B, V B, VI B, VII B, VIII B, IX B, X B, XI B, XII B). Periods are labeled on the left (1 to 7). Elements are represented by their symbols and names. The lanthanide and actinide series are shown at the bottom.

Gambar 1.14 Sistem Periodik Unsur Modern

Sumber: “*Infinity’s Encyclopaedia of Science*”, Neil Ardley, Dr. Jeffery Bates, William Hemsley, Peter Lafferty, Steve Parker, Clint Twist, Infinity Books 2001.

a. Periode

Sistem periodik unsur modern mempunyai 7 periode. Unsur-unsur yang mempunyai jumlah kulit yang sama pada konfigurasi elektronnya, terletak pada periode yang sama.

Nomor periode = jumlah kulit

Wabel 1.3 Jumlah Unsur Tiap Periode dalam Sistem Periodik Unsur Modern

| Periode | Jumlah Unsur |
|---------|--------------|
| 1 | 2 |
| 2 | 8 |
| 3 | 8 |
| 4 | 18 |
| 5 | 18 |
| 6 | 32 |
| 7 | belum penuh |



Tugas Individu

Salin dan tentukan periode dari unsur-unsur berikut.

| Unsur | Nomor Atom | Konfigurasi Elektron | | | | | | Jumlah Kulit | Periode |
|-----------|------------|----------------------|---|---|---|---|---|--------------|---------|
| | | K | L | M | N | O | P | | |
| Natrium | 11 | | | | | | | | |
| Magnesium | 12 | | | | | | | | |
| Belerang | 16 | | | | | | | | |
| Kalium | 19 | | | | | | | | |
| Kalsium | 20 | | | | | | | | |
| Kripton | 36 | | | | | | | | |

b. Golongan

Sistem periodik unsur modern mempunyai 8 golongan utama (A). Unsur-unsur pada sistem periodik modern yang mempunyai elektron valensi (elektron kulit terluar) sama pada konfigurasi elektronnya, maka unsur-unsur tersebut terletak pada golongan yang sama (golongan utama/A).

Nomor golongan = jumlah elektron valensi



Tugas Individu

Salin dan EerjaEan soalJsoal beriEut di buEu latikan Anda!

Tentukan golongan dari unsur-unsur berikut.

| Unsur | Nomor Atom | Konfigurasi Elektron | | | | | | Elektron Valensi | Golongan (A) |
|----------|------------|----------------------|---|---|---|---|---|------------------|--------------|
| | | K | L | M | N | O | P | | |
| Natrium | 11 | | | | | | | | |
| Kalium | 19 | | | | | | | | |
| Rubidium | 37 | | | | | | | | |
| Neon | 10 | | | | | | | | |
| Argon | 18 | | | | | | | | |
| Kripton | 36 | | | | | | | | |

Wabel 1.4 Nama-nama Golongan pada Sistem Periodik Unsur Modern

| Golongan Utama (A) | Nama Golongan | Jumlah Elektron Valensi |
|--------------------|---------------|-------------------------|
| IA | Alkali | 1 |
| IIA | Alkali tanah | 2 |
| IIIA | Boron | 3 |
| IVA | Karbon | 4 |
| VA | Nitrogen | 5 |
| VIA | Oksigen | 6 |
| VIIA | Halogen | 7 |
| VIIIA | Gas mulia | 8 |

Latihan 1.5

1. Jelaskan pengertian golongan dan periode pada sistem periodik unsur modern!
2. Ada berapa golongan utama (A) dan periode pada sistem periodik unsur modern?
3. Bagaimana hubungan konfigurasi elektron dengan sistem periodik unsur?
4. Tentukan konfigurasi elektron berikut ini, kemudian sebutkan kedudukannya dalam golongan dan periode pada sistem periodik unsur modern!

| Unsur | Konfigurasi Elektron | | | | | | Elektron Valensi | Nomor Golongan | Jumlah Kulit | Periode |
|------------------|----------------------|---|---|---|---|---|------------------|----------------|--------------|---------|
| | K | L | M | N | O | P | | | | |
| ¹¹ Na | | | | | | | | | | |
| ¹² Mg | | | | | | | | | | |
| ¹⁷ Cl | | | | | | | | | | |
| ¹⁸ Ar | | | | | | | | | | |
| ²⁰ Ca | | | | | | | | | | |
| ³² Ge | | | | | | | | | | |
| ³⁵ Br | | | | | | | | | | |
| ⁵³ I | | | | | | | | | | |
| ⁵⁶ Ba | | | | | | | | | | |
| ⁸⁷ Fr | | | | | | | | | | |

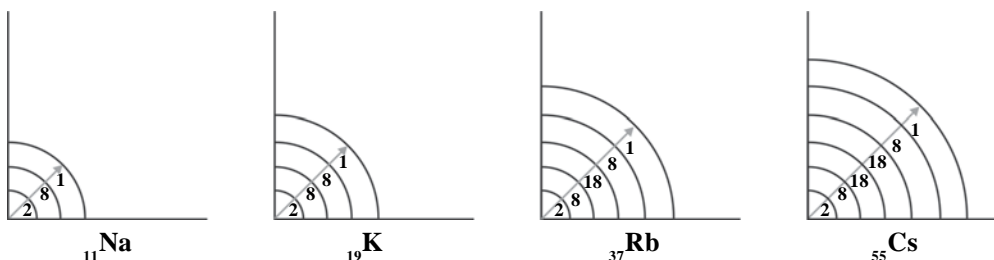
5. Sebutkan unsur-unsur yang termasuk dalam:
 - a. periode 3
 - b. periode 4
 - c. golongan alkali
 - d. golongan alkali tanah
 - e. golongan halogen
6. Diketahui unsur ¹³Al, ¹⁶S, ¹⁸Ar, ³⁴Se, ³⁷Rb, ⁵²Te, ⁵⁴Xe, dan ⁵⁵Cs. Tentukan unsur-unsur yang terletak pada golongan dan periode yang sama!
7. Ion X²⁺ mempunyai jumlah elektron 36. Tentukan kedudukan unsur X pada golongan dan periode sistem periodik unsur modern!

3. Sifat-sifat Periodik Unsur

Beberapa sifat periodik yang akan dibicarakan di sini adalah jari-jari atom, energi ionisasi, keelektronegatifan, afinitas elektron, sifat logam, dan titik leleh serta titik didih (Martin S. Silberberg, 2000).

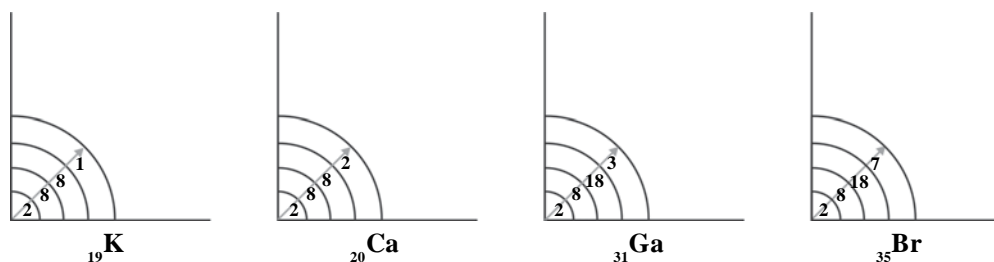
a. Jari-jari Atom

Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom sampai kulit terluar. Bagi unsur-unsur yang segolongan, jari-jari atom makin ke bawah makin besar sebab jumlah kulit yang dimiliki atom makin banyak, sehingga kulit terluar makin jauh dari inti atom.



Gambar 1.15 Jari-jari atom unsur-unsur dalam satu golongan, dari atas ke bawah makin besar.

Unsur-unsur yang seperiode memiliki jumlah kulit yang sama. Akan tetapi, tidaklah berarti mereka memiliki jari-jari atom yang sama pula. Semakin ke kanan letak unsur, proton dan elektron yang dimiliki makin banyak, sehingga tarik-menarik inti dengan elektron makin kuat. Akibatnya, elektron-elektron terluar tertarik lebih dekat ke arah inti. Jadi, bagi unsur-unsur yang seperiode, jari-jari atom makin ke kanan makin kecil.



Gambar 1.16 Jari-jari atom unsur-unsur dalam satu periode, dari kiri ke kanan makin kecil

Dalam satu golongan, konfigurasi unsur-unsur satu golongan mempunyai jumlah elektron valensi sama dan jumlah kulit bertambah. Akibatnya, jarak elektron valensi dengan inti semakin jauh, sehingga jari-jari atom dalam satu golongan makin ke bawah makin besar.

Jadi dapat disimpulkan:

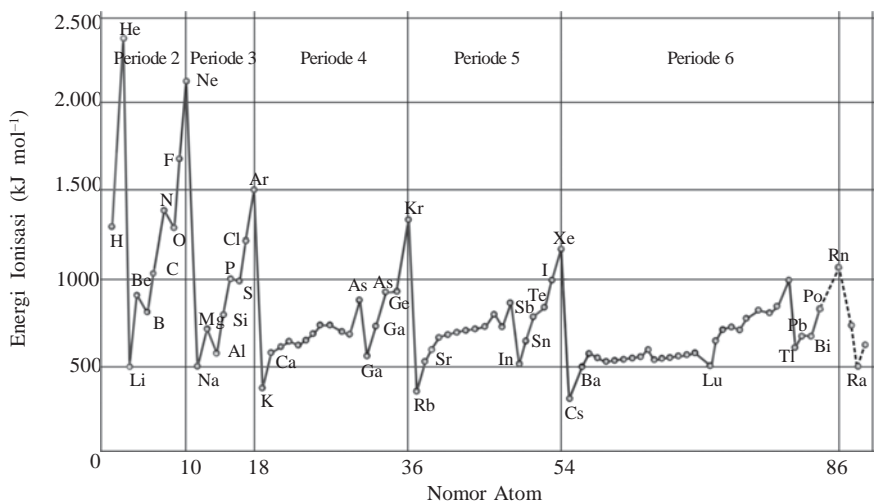
- 1) Dalam satu golongan, jari-jari atom bertambah besar dari atas ke bawah.
- 2) Dalam satu periode, jari-jari atom makin kecil dari kiri ke kanan.

b. Energi Ionisasi

Energi ionisasi adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron terluar suatu atom. Energi ionisasi ini dinyatakan dalam satuan kJ mol^{-1} .

Unsur-unsur yang segolongan, energi ionisasinya makin ke bawah semakin kecil karena elektron terluar makin jauh dari inti (gaya tarik inti makin lemah), sehingga elektron terluar makin mudah dilepaskan. Sedangkan *unsur-unsur yang seperiode, gaya tarik inti makin ke kanan makin kuat, sehingga energi ionisasi pada umumnya makin ke kanan makin besar*.

Ada beberapa perkecualian yang perlu diperhatikan. Golongan IIA, VA, dan VIIIA ternyata mempunyai energi ionisasi yang sangat besar, bahkan lebih besar daripada energi ionisasi unsur di sebelah kanannya, yaitu IIIA dan VIA. Hal ini terjadi karena unsur-unsur golongan IIA, VA, dan VIIIA mempunyai konfigurasi elektron yang relatif stabil, sehingga elektron sukar dilepaskan.



Gambar 1.17 Hubungan energi ionisasi dengan nomor atom.

Sumber: Kimia Untuk Universitas, Jilid 1, Keenan - A.Hadyana P, Erlangga, 1986.



Tugas Individu

Berdasarkan gambar hubungan energi ionisasi dengan nomor atom dalam satu periode, kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh tentang energi ionisasi unsur-unsur dalam satu periode?

c. Keelektronegatifan

Keelektronegatifan adalah kemampuan atau kecenderungan suatu atom untuk menangkap atau menarik elektron dari atom lain. Misalnya, fluorin memiliki kecenderungan menarik elektron lebih kuat daripada hidrogen. Jadi, dapat disimpulkan bahwa keelektronegatifan fluorin

lebih besar daripada hidrogen. Konsep keelektronegatifan ini pertama kali diajukan oleh **Linus Pauling** (1901 – 1994) pada tahun 1932.

Unsur-unsur yang segolongan, keelektronegatifan makin ke bawah makin kecil sebab gaya tarik inti makin lemah. Sedangkan unsur-unsur yang seperiode, keelektronegatifan makin ke kanan makin besar. Akan tetapi perlu diingat bahwa golongan VIIIA tidak mempunyai keelektronegatifan. Hal ini karena sudah memiliki 8 elektron di kulit terluar. Jadi keelektronegatifan terbesar berada pada golongan VIIA.

Wabel 1.4 Nilai Keelektronegatifan Unsur-unsur

| IA | | | | | | | | | | | | | VIIIA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|--|--|
| 1 H 2,1 | | | | | | | | | | | | | 2 He – | | | | | | | | | | | | |
| IIA | | | | | | | | | | | | | IIIA | | | IVA | | VA | | VIA | | VIIA | | | |
| 3 Li 1,0 | 4 Be 1,5 | | | | | | | | | | | | 5 B 2,0 | 6 C 2,5 | 7 N 3,0 | 8 O 3,5 | 9 F 4,0 | 10 Ne – | | | | | | | |
| 11 Na 0,9 | 12 Mg 1,2 | | | | | | | | | | | | VIII B | | | | | 13 Al 1,5 | 14 Si 1,8 | 15 P 2,1 | 16 S 2,5 | 17 Cl 3,0 | 18 Ar – | | |
| 19 K 0,8 | 20 Ca 1,01 | 21 Sc 1,3 | 22 Ti 1,5 | 23 V 1,6 | 24 Cr 1,6 | 25 Mn 1,5 | 26 Fe 1,8 | 27 Co 1,8 | 28 Ni 1,8 | 29 CuH 1,9 | 30 Zn 1,6 | 31 Ga 1,6 | 32 Ge 1,8 | 33 As 2,0 | 34 Se 2,4 | 35 Br 2,8 | 36 Kr – | | | | | | | | |
| 37 Rb 0,8 | 38 Sr 1,0 | 39 Y 1,2 | 40 Zr 1,4 | 41 Nb 1,6 | 42 Mo 1,8 | 43 Tc 1,9 | 44 Ru 2,2 | 45 Rh 2,2 | 46 Pd 2,2 | 47 Ag 1,9 | 48 Cd 1,7 | 49 In 1,7 | 50 Sn 1,8 | 51 Sb 1,9 | 52 Te 2,1 | 53 I 2,5 | 54 Xe – | | | | | | | | |
| 55 Cs 0,7 | 56 Ba 0,9 | 57 La 1,1 | 72 Hf 1,3 | 73 Ta 1,5 | 74 W 1,7 | 75 Re 1,9 | 76 Os 2,2 | 77 Ir 2,2 | 78 Pt 2,2 | 79 Au 2,4 | 80 Hg 1,9 | 81 Tl 1,8 | 82 Pb 1,8 | 83 Bi 1,9 | 84 Po 2,0 | 85 At 2,2 | 86 Rn – | | | | | | | | |
| 87 Fr 0,7 | 88 Ra 0,9 | 89 Ac 1,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

d. Afinitas Elektron

Afinitas elektron adalah energi yang menyertai proses penambahan 1 elektron pada satu atom netral dalam wujud gas, sehingga terbentuk ion bermuatan -1 . Afinitas elektron juga dinyatakan dalam kJ mol^{-1} . Unsur yang memiliki afinitas elektron bertanda negatif, berarti mempunyai kecenderungan lebih besar dalam menyerap elektron daripada unsur yang afinitas elektronnya bertanda positif. Makin negatif nilai afinitas elektron, maka makin besar kecenderungan unsur tersebut dalam menyerap elektron (kecenderungan membentuk ion negatif). Dari sifat ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dalam satu golongan, afinitas elektron cenderung berkurang dari atas ke bawah.
- 2) Dalam satu periode, afinitas elektron cenderung bertambah dari kiri ke kanan.
- 3) Kecuali unsur alkali tanah dan gas mulia, semua unsur golongan utama mempunyai afinitas elektron bertanda negatif. Afinitas elektron terbesar dimiliki oleh golongan halogen.

Wabel 1.5 Afinitas elektron Unsur-unsur pada Golongan Utama

| Golongan Periode | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | VIIIA |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 1 | H -73 | | | | | | | He 21 |
| 2 | Li -60 | Be 240 | B -27 | C -122 | N 0 | O -141 | F -328 | Ne 29 |
| 3 | Na -53 | Mg 230 | Al -44 | Si -134 | P -72 | S -200 | Cl -349 | Ar 35 |
| 4 | K -48 | Ca 156 | Ga -30 | Ge -120 | As -77 | Se -195 | Br -325 | Kr 39 |
| 5 | Rb -47 | Sr 168 | In -30 | Sn -121 | Sb -101 | Te -190 | I -295 | Xe 41 |
| 6 | Cs -30 | Ba 52 | Tl -30 | Pb -110 | Bi -110 | Po -180 | At -270 | Rn 41 |

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, 2000.

e. . Sifat Logam

Secara kimia, sifat logam dikaitkan dengan keelektronegatifan, yaitu kecenderungan melepas elektron membentuk ion positif. Jadi, sifat logam tergantung pada energi ionisasi. Ditinjau dari konfigurasi elektron, unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (memiliki energi ionisasi yang kecil), sedangkan unsur-unsur bukan logam cenderung menangkap elektron (memiliki keelektronegatifan yang besar).

Sesuai dengan kecenderungan energi ionisasi dan keelektronegatifan, maka sifat logam-nonlogam dalam periodik unsur adalah:

- 1) Dari kiri ke kanan dalam satu periode, sifat logam berkurang, sedangkan sifat nonlogam bertambah.
- 2) Dari atas ke bawah dalam satu golongan, sifat logam bertambah, sedangkan sifat nonlogam berkurang.

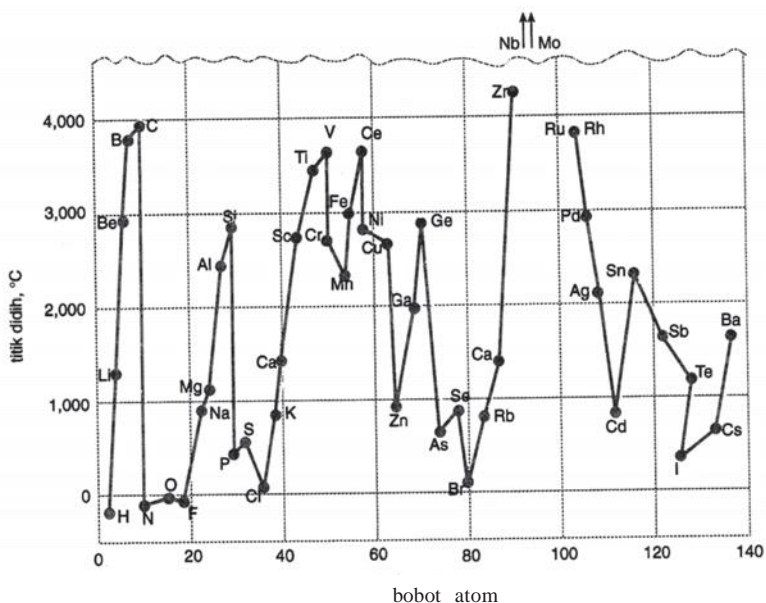
Jadi, unsur-unsur logam terletak pada bagian kiri-bawah sistem periodik unsur, sedangkan unsur-unsur nonlogam terletak pada bagian kanan-atas. Batas logam dan nonlogam pada sistem periodik sering digambarkan dengan *tangga diagonal bergaris tebal*, sehingga unsur-unsur di sekitar daerah perbatasan antara logam dan nonlogam itu mempunyai sifat logam sekaligus sifat nonlogam. Unsur-unsur itu disebut *unsur metaloid*. Contohnya adalah boron dan silikon.

Selain itu, sifat logam juga berhubungan dengan kereaktifan suatu unsur. *Reaktif* artinya mudah bereaksi. Unsur-unsur logam pada sistem periodik unsur makin ke bawah semakin reaktif (makin mudah bereaksi) karena semakin mudah melepaskan elektron. Sebaliknya, unsur-unsur bukan logam pada sistem periodik makin ke bawah makin kurang reaktif (makin sukar bereaksi) karena semakin sukar menangkap elektron. Jadi, unsur logam yang paling reaktif adalah golongan IA (logam alkali) dan unsur nonlogam yang paling reaktif adalah golongan VIIA (halogen) (Martin S. Silberberg, 2000).

f. Titik Leleh dan Titik Didih

Berdasarkan titik leleh dan titik didih dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Dalam satu periode, titik cair dan titik didih naik dari kiri ke kanan sampai golongan IVA, kemudian turun drastis. Titik cair dan titik didih terendah dimiliki oleh unsur golongan VIIIA.
- 2) Dalam satu golongan, ternyata ada dua jenis kecenderungan: unsur-unsur golongan IA – IVA, titik cair dan titik didih makin rendah dari atas ke bawah; unsur-unsur golongan VA – VIIIA, titik cair dan titik didihnya makin tinggi.



Gambar 1.16 Dengan bertambahnya bobot atom, titik didih unsur-unsur berubah secara berkala. Titik didih niobium dan molibdenum begitu tinggi, sehingga keluar dari grafik.

Sumber: Buku Kimia Untuk Universitas, A. Hadyana Pudjatatmaka Ph.D.

Latihan 1.6

- Diketahui unsur-unsur: ${}_3\text{Li}$, ${}_4\text{Be}$, ${}_5\text{B}$, ${}_9\text{F}$. Tentukan:
 - unsur yang paling elektropositif
 - unsur yang paling elektronegatif
 - unsur yang mempunyai energi ionisasi terbesar
 - unsur yang mempunyai jari-jari atom terbesar
 - unsur yang terletak pada golongan IIIA
- Diketahui unsur-unsur: ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{19}\text{K}$, ${}_{37}\text{Rb}$, ${}_{55}\text{Cs}$. Tentukan:
 - konfigurasi elektron unsur-unsur tersebut
 - unsur yang mempunyai jari-jari atom terbesar
 - unsur yang mempunyai energi ionisasi terbesar
 - unsur yang mempunyai keelektronegatifan terbesar
 - unsur yang paling elektropositif
- Diketahui tabel unsur P, Q, dan R sebagai berikut.

| Unsur | Titik Leleh | Titik Didih | Energi Ionisasi | Konfigurasi Elektron |
|-------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| P | -200°C | -167°C | 1.600 kJ/mol | 2, 7 |
| Q | -230°C | -233°C | 2.000 kJ/mol | 2, 8 |
| R | 97°C | 890°C | 450 kJ/mol | 2, 8, 1 |

- Bagaimana wujud P, Q, dan R pada suhu kamar?
 - Pada golongan dan periode berapa unsur P, Q, dan R terletak pada sistem periodik unsur modern?
 - Unsur manakah yang dapat menghantarkan arus listrik?
- Sebutkan unsur-unsur logam dalam sistem periodik unsur modern!
 - Sebutkan unsur-unsur nonlogam dalam sistem periodik unsur modern!
 - Apakah yang dimaksud dengan unsur metaloid? Sebutkan contohnya!
 - Diketahui unsur ${}_{11}\text{Na}$ dan ${}_{17}\text{Cl}$. Unsur manakah yang mempunyai afinitas elektron terbesar? Jelaskan alasan Anda!

Hidrogen

Hidrogen berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* = air dan *genes* = pembentukan. Hidrogen telah banyak digunakan bertahun-tahun sebelum akhirnya dinyatakan sebagai unsur yang unik oleh **Cavendish** di tahun 1776. Elemen-elemen yang berat pada awalnya dibentuk dari atom-atom hidrogen atau dari elemen-elemen yang mulanya terbuat dari atom-atom hidrogen.

Hidrogen diperkirakan membentuk komposisi lebih dari 90% atom-atom di alam semesta (sama dengan $^3/4$ massa alam semesta). Unsur ini ditemukan di bintang-bintang dan memainkan peranan yang penting dalam memberikan sumber energi jagat raya melalui reaksi proton-proton dan siklus karbon-nitrogen.

Walau hidrogen adalah benda gas, kita sangat jarang menemukannya di atmosfer bumi. Gas hidrogen yang sangat ringan akan berbenturan dengan unsur lain, jika tidak terkombinasi dengan unsur lain dan dikeluarkan dari lapisan atmosfer. Di bumi, hidrogen banyak ditemukan sebagai senyawa (air) di mana atom-atomnya berikatan dengan atom-atom oksigen, selain itu juga dapat ditemukan pada tumbuhan-tumbuhan, petroleum, arang, dan lain sebagainya.

Hidrogen merupakan satu-satunya unsur yang isotop-isotopnya memiliki nama tersendiri. Isotop hidrogen yang normal disebut *protium*, sedangkan isotop yang lain adalah *deuterium* (satu proton dan satu neutron) dan *tritium* (satu proton dan dua neutron).

Hidrogen dapat dipersiapkan dengan berbagai cara, antara lain:

- Uap dari elemen karbon yang dipanaskan.
- Dekomposisi beberapa jenis hidrokarbon dengan energi kalor.
- Reaksi-reaksi natrium dan kalium hidroksida pada aluminium.
- Elektrolisis air.
- Pergeseran asam-asam oleh logam-logam tertentu.

Hidrogen banyak digunakan untuk mengikat nitrogen dengan unsur lain dalam proses Haber (memproduksi amonia) dan untuk proses hidrogenasi lemak dan minyak. Selain itu juga digunakan untuk memproduksi metanol, di-dealkilasi hidrogen (*hydrodealkylation*), katalis *hydrocracking*, sulfurisasi hidrogen, bahan bakar roket, memproduksi asam hidroklorida, mereduksi bijih-bijih besi, dan sebagai gas pengisi balon.

Rangkuman

1. Model atom yang digunakan untuk mempelajari tentang gambaran atom merupakan hasil rekaan para ahli berdasar data eksperimen dan kajian teoritis.
2. Konfigurasi elektron merupakan gambaran letak elektron dalam atom.
3. Partikel dasar penyusun atom adalah proton, neutron, dan elektron.
4. Sistem periodik unsur merupakan sistem pengelompokan unsur-unsur berdasarkan kenaikan nomor atom, dan dikelompokkan ke dalam golongan dan periode.
5. Penentuan golongan suatu unsur didasarkan pada jumlah elektron valensi yang dimiliki.
6. Penentuan periode suatu unsur didasarkan pada jumlah kulit yang terisi elektron.
7. Sifat-sifat periodik merupakan sifat yang berhubungan dengan letak unsur dalam sistem periodik.
8. Jari-jari atom dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin panjang, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin pendek.
9. Energi ionisasi dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.
10. Afinitas elektron dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.
11. Keelektronegatifan dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.



Uji Hompetensi 2

1234567890123456789012

I. Berilah tanda silang (X) kurus A, B, C, D, atau G pada jawaban yang benar!

1. Apabila unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, ternyata unsur-unsur yang berselisih satu oktaf menunjukkan kemiripan sifat. Kenyataan ini ditemukan oleh
 - A. J. W. Dobereiner
 - B. A. R. Newlands
 - C. D. I. Mendeleev
 - D. Lothar Meyer
 - E. Wilhelm Roentgen
2. Pernyataan yang **salah** mengenai sistem periodik bentuk panjang adalah
 - A. periode 1 hanya berisi dua unsur
 - B. periode 2 dan periode 3 masing-masing berisi 8 unsur
 - C. periode 4 berisi 18 unsur
 - D. periode 5 dan periode 6 masing-masing berisi 32 unsur
 - E. periode 7 belum terisi penuh
3. Sistem periodik modern disusun berdasarkan
 - A. sifat fisis unsur
 - B. sifat kimia unsur
 - C. susunan elektron unsur
 - D. massa atom unsur
 - E. berat atom unsur
4. Unsur-unsur yang terletak pada periode yang sama mempunyai
 - A. elektron valensi yang sama
 - B. jumlah kulit yang sama
 - C. sifat fisis yang sama
 - D. jumlah elektron yang sama
 - E. sifat kimia yang sama
5. Unsur-unsur dalam satu golongan mempunyai
 - A. jumlah elektron yang sama
 - B. konfigurasi elektron yang sama
 - C. elektron valensi yang sama
 - D. sifat kimia yang sama
 - E. jumlah kulit yang sama

6. Unsur-unsur halogen adalah golongan
 - A. IA
 - B. IIA
 - C. VIA
 - D. VIIA
 - E. VIIIA
7. Nama golongan untuk unsur-unsur golongan IA adalah
 - A. alkali
 - B. alkali tanah
 - C. halogen
 - D. gas mulia
 - E. golongan karbon
8. Magnesium ($Z = 12$) dan kalsium ($Z = 20$) memiliki sifat kimia yang sama. Hal ini disebabkan karena kedua unsur tersebut
 - A. merupakan logam
 - B. bukan merupakan logam
 - C. memiliki tiga kulit
 - D. terletak pada periode yang sama
 - E. terletak pada golongan yang sama
9. Unsur yang **tidak** termasuk golongan gas mulia adalah

| | |
|-------|-------|
| A. He | D. Kr |
| B. Ne | E. Rn |
| C. Se | |
10. Kelompok-kelompok unsur berikut termasuk golongan unsur utama, **kecuali**
 - A. Be, Mg, dan Ca
 - B. Li, Na, dan K
 - C. He, Ar, dan Kr
 - D. F, Cl, dan Br
 - E. Cu, Ag, dan Au
11. Dalam sistem periodik bentuk panjang, unsur transisi terletak antara golongan
 - A. IIA dan IIB
 - B. IIIB dan IIB
 - C. IIA dan IIIA
 - D. IA dan IIIA
 - E. IIB dan IIIB
12. Jumlah unsur transisi yang terletak pada periode 5 adalah

| | |
|-------|-------|
| A. 6 | D. 14 |
| B. 8 | E. 18 |
| C. 10 | |

13. Unsur dengan konfigurasi elektron: 2, 8, 2, dalam sistem periodik terletak pada
 - A. periode 4, golongan IIA
 - B. periode 4, golongan IIB
 - C. periode 2, golongan IVA
 - D. periode 2, golongan IVB
 - E. periode 4, golongan IVA
14. Unsur dengan nomor atom 50, dalam sistem periodik terletak pada
 - A. periode 4, golongan VA
 - B. periode 5, golongan VA
 - C. periode 5, golongan IVA
 - D. periode 4, golongan IVA
 - E. periode 5, golongan VIIA
15. Unsur X dengan nomor atom 35 mempunyai sifat sebagai berikut, **kecuali**
 - A. tergolong logam
 - B. mempunyai bilangan oksidasi -1
 - C. membentuk molekul diatomik
 - D. mempunyai 7 elektron valensi
 - E. dapat bereaksi dengan logam membentuk garam
16. Sifat unsur yang **tidak** tergolong sifat periodik adalah
 - A. energi ionisasi
 - B. jari-jari atom
 - C. keelektronegatifan
 - D. afinitas elektron
 - E. warna
17. Bertambahnya kereaktifan unsur-unsur alkali menurut urutan Li, Na, dan K disebabkan oleh bertambahnya
 - A. jumlah elektron
 - B. nomor atom
 - C. jari-jari atom
 - D. jumlah proton
 - E. massa atom
18. Dalam urutan unsur ${}_8\text{O}$, ${}_9\text{F}$, dan ${}_{10}\text{Ne}$, jari-jari atom akan
 - A. bertambah
 - B. berkurang
 - C. sama besar
 - D. bertambah lalu berkurang
 - E. berkurang lalu bertambah

19. Konfigurasi elektron dari unsur yang memiliki keelektronegatifan terbesar adalah
- A. 2, 5
 - B. 2, 7
 - C. 2, 8
 - D. 2, 8, 1
 - E. 2, 8, 8
20. Sifat logam yang paling kuat di antara unsur-unsur berikut dimiliki oleh
- A. aluminium
 - B. natrium
 - C. magnesium
 - D. kalsium
 - E. kalium
21. Energi ionisasi terbesar dimiliki oleh
- A. helium
 - B. neon
 - C. natrium
 - D. argon
 - E. kalium
22. Jika nomor atom dalam satu golongan makin kecil, maka yang bertambah besar adalah
- A. jari-jari atom
 - B. massa atom
 - C. jumlah elektron valensi
 - D. energi ionisasi
 - E. sifat logam
23. Keelektronegatifan suatu unsur adalah sifat yang menyatakan
- A. besarnya energi yang diperlukan untuk melepas 1 elektron pada pembentukan ion positif
 - B. besarnya energi yang diperlukan untuk menyerap 1 elektron pada pembentukan ion negatif
 - C. besarnya energi yang dibebaskan pada penyerapan 1 elektron untuk membentuk ion negatif
 - D. besarnya kecenderungan menarik elektron pada suatu ikatan
 - E. besarnya kecenderungan menarik elektron untuk membentuk ion negatif

24. Titik cair dan titik didih unsur-unsur periode kedua
 - A. naik secara beraturan sepanjang periode
 - B. naik bertahap sampai golongan IIIA, kemudian turun drastis
 - C. naik bertahap sampai golongan IVA, kemudian turun teratur
 - D. naik bertahap sampai golongan IVA, kemudian turun drastis
 - E. turun secara beraturan sepanjang periode
25. Dalam sistem periodik dari atas ke bawah, titik leleh dan titik didih
 - A. logam dan nonlogam bertambah
 - B. logam dan nonlogam berkurang
 - C. logam bertambah, dan nonlogam berkurang
 - D. logam berkurang, dan nonlogam bertambah
 - E. logam dan nonlogam tidak teratur berubahannya

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan dasar pengelompokan unsur menurut Dobereiner!
2. Jelaskan dasar pengelompokan unsur menurut Newlands, beserta kelemahannya!
3. Jelaskan perbedaan pengelompokan unsur menurut Mendeleev dan Moseley!
4. Sebutkan kelebihan sistem periodik unsur Moseley!
5. Mengapa sistem periodik unsur modern juga disebut sistem periodik unsur bentuk panjang?
6. Pada sistem periodik unsur modern,
 - a. Apa yang dimaksud dengan golongan?
 - b. Apa yang dimaksud dengan periode?
 - c. Dalam hubungan dengan konfigurasi elektron, bagaimana unsur-unsur dapat terletak pada golongan yang sama?
 - d. Dalam hubungan dengan konfigurasi elektron, bagaimana unsur-unsur dapat terletak pada periode yang sama?
7. Sebutkan unsur-unsur golongan:
 - a. alkali tanah
 - b. halogen
 - c. gas mulia
8. Terletak pada golongan dan periode berapa unsur-unsur berikut ini?

$_{12}^{24}\text{Mg}$, $_{13}^{27}\text{Al}$, $_{14}^{28}\text{Si}$, $_{16}^{32}\text{S}$, $_{33}^{75}\text{As}$, $_{38}^{88}\text{Sr}$, $_{50}^{125}\text{Sn}$, $_{54}^{136}\text{Xe}$, $_{83}^{209}\text{Bi}$, $_{88}^{226}\text{Ra}$



9. 42 Ion Br^- mempunyai konfigurasi elektron: 2, 8, 18, 8. Tentukan golongan dan periode unsur bromin!



10. Jelaskan yang dimaksud dengan:
 - a. jari-jari atom
 - b. energi ionisasi
 - c. keelektronegatifan
 - d. afinitas elektron
11. Diketahui unsur $_{31}\text{Ga}$, $_{32}\text{Ge}$, $_{35}\text{Br}$, dan $_{36}\text{Kr}$. Urutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar tentang:
 - a. jari-jari atom
 - b. energi ionisasi
 - c. keelektronegatifan
 - d. afinitas elektron
12. Diketahui unsur $_{9}\text{F}$, $_{17}\text{Cl}$, $_{35}\text{Br}$, dan $_{53}\text{I}$. Urutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar tentang:
 - a. jari-jari atom
 - b. energi ionisasi
 - c. keelektronegatifan
 - d. afinitas elektron
13. Pada sistem periodik unsur modern, bagaimana sifat logam unsur-unsur pada golongan:
 - a. IA
 - b. IIA
 - c. VIIA
 - d. VIIIA
14. Mengapa jari-jari atom $_{13}\text{Al}$ lebih kecil daripada jari-jari atom $_{12}\text{Mg}$ dalam periode yang sama?
15. Mengapa unsur-unsur golongan VIIA (halogen) mempunyai afinitas elektron terbesar?

