

MATERI PEMBELAJARAN

PARTIKEL DASAR ATOM, BILANGAN KUANTUM, DAN KONFIGURASI ELEKTRON

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri • Kelas X SMK

Tujuan Pembelajaran

- Menjelaskan partikel dasar penyusun atom dan sifat dasarnya.
- Menentukan jumlah proton, neutron, dan elektron berdasarkan notasi atom.
- Menjelaskan bilangan kuantum n , l , m_l , dan m_s .
- Menentukan kemungkinan nilai bilangan kuantum suatu elektron.
- Menuliskan konfigurasi elektron menggunakan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan larangan Pauli.
- Menentukan konfigurasi elektron beberapa unsur sederhana dan meng gambarkannya dalam diagram orbital.

1. Partikel Dasar Atom

Atom adalah partikel penyusun materi yang terdiri atas inti atom dan elektron yang menempati daerah di sekitar inti. Inti atom tersusun atas proton dan neutron, sedangkan elektron berada pada tingkat energi/orbital di sekitar inti.

Tiga partikel dasar atom adalah proton, neutron, dan elektron. Ketiganya memiliki massa dan muatan yang berbeda.

Partikel	Simbol	Muatan relatif	Massa relatif	Lokasi
Proton	p^+	+1	≈ 1 sma	Inti atom
Neutron	n^0	0	≈ 1 sma	Inti atom
Elektron	e^-	-1	$\approx 1/1836$ sma	Di sekitar inti

1.1 Nomor Atom dan Nomor Massa

Nomor atom (Z) adalah jumlah proton dalam inti atom. Pada atom netral, jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Nomor massa (A) adalah jumlah proton dan neutron.

Hubungan penting: $Z = p = e$ (untuk atom netral) dan $A = p + n$. Sehingga $n = A - Z$.

Contoh: Atom natrium-23 memiliki $Z = 11$ dan $A = 23$. Maka proton = 11, elektron = 11, dan neutron = 12.

1.2 Ion

Ion adalah atom atau kelompok atom yang memiliki muatan listrik karena kehilangan atau menerima elektron. Kation bermuatan positif karena kehilangan elektron, sedangkan anion bermuatan negatif karena menerima elektron.

Contoh: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e^-$, sedangkan $\text{Cl} + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$.

2. Bilangan Kuantum

Bilangan kuantum digunakan untuk menyatakan keadaan atau 'alamat' sebuah elektron dalam atom. Ada empat bilangan kuantum, yaitu bilangan kuantum utama (n), azimut (l), magnetik (m_l), dan spin (m_s).

Bilangan	Simbol	Menunjukkan	Nilai yang mungkin	Contoh
Utama	n	Tingkat energi/kulit	1, 2, 3, ...	$n = 3$
Azimut	l	Subkulit/bentuk orbital	0 sampai $n-1$	$l = 1$ (subkulit p)
Magnetik	m_l	Orientasi orbital	-l sampai +l	$l=1 \rightarrow -1, 0, +1$
Spin	m_s	Arah spin elektron	$+\frac{1}{2}$ atau $-\frac{1}{2}$	$m_s = +\frac{1}{2}$

2.1 Bilangan Kuantum Utama (n)

Bilangan kuantum utama menyatakan tingkat energi utama atau kulit elektron. Nilai n berupa bilangan bulat positif: 1, 2, 3, 4, dan seterusnya.

Semakin besar n , secara umum elektron berada pada tingkat energi yang lebih tinggi dan rata-rata lebih jauh dari inti.

2.2 Bilangan Kuantum Azimut (l)

Untuk suatu nilai n , bilangan kuantum azimut mempunyai nilai $l = 0$ sampai $n-1$. Setiap nilai l berhubungan dengan subkulit tertentu.

l	Subkulit	Jumlah orbital
0	s	1
1	p	3
2	d	5
3	f	7

Kapasitas maksimum elektron setiap subkulit: $s = 2$, $p = 6$, $d = 10$, dan $f = 14$.

2.3 Bilangan Kuantum Magnetik (m_l)

Bilangan kuantum magnetik menyatakan orientasi orbital dalam suatu subkulit. Nilainya berkisar dari $-l$ sampai $+l$.

Contoh: untuk subkulit p , $l = 1$ sehingga $m_l = -1, 0, +1$. Artinya terdapat 3 orbital p .

2.4 Bilangan Kuantum Spin (m_s)

Bilangan kuantum spin menunjukkan arah spin elektron dan hanya mempunyai dua kemungkinan nilai, yaitu $+\frac{1}{2}$ dan $-\frac{1}{2}$.

2.5 Contoh Menentukan Bilangan Kuantum

Elektron terakhir atom nitrogen ($Z = 7$) berada pada konfigurasi $1s^2 2s^2 2p^3$. Untuk $2p$: $n = 2$ dan $l = 1$. Berdasarkan aturan Hund, tiga elektron menempati tiga orbital p secara tunggal dengan spin sejajar. Nilai m_l bergantung pada konvensi urutan orbital yang digunakan; salah satu penulisan yang umum untuk elektron terakhir adalah $m_l = +1$ dan $m_s = +\frac{1}{2}$.

3. Konfigurasi Elektron

Konfigurasi elektron adalah susunan elektron suatu atom ke dalam kulit, subkulit, dan orbital berdasarkan tingkat energi. Konfigurasi elektron membantu menjelaskan kestabilan atom, elektron valensi, dan kecenderungan unsur membentuk ikatan.

Prinsip pengisian orbital dapat dipahami melalui tiga aturan utama berikut.

3.1 Prinsip Aufbau

Prinsip Aufbau menyatakan bahwa elektron mengisi orbital mulai dari orbital yang energinya paling rendah, kemudian menuju orbital berenergi lebih tinggi.

Urutan pengisian yang umum digunakan adalah:

$1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow 5s \rightarrow 4d \rightarrow 5p \rightarrow 6s \rightarrow 4f \rightarrow 5d \rightarrow 6p \rightarrow 7s \rightarrow 5f \rightarrow 6d \rightarrow 7p$

Kapasitas setiap subkulit:

- s maksimum 2 elektron
- p maksimum 6 elektron
- d maksimum 10 elektron
- f maksimum 14 elektron

3.2 Aturan Hund

Aturan Hund menyatakan bahwa pada orbital-orbital yang memiliki energi sama (degenerat), elektron akan mengisi orbital secara satu per satu terlebih dahulu dengan spin yang sama sebelum terjadi pemasangan elektron.

Contoh $2p^3$:

Benar: $\uparrow \uparrow \uparrow$

Salah: $\uparrow\downarrow \uparrow \square$

Artinya, untuk tiga elektron pada subkulit p, masing-masing orbital p diisi satu elektron terlebih dahulu.

3.3 Larangan Pauli

Larangan Pauli menyatakan bahwa tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum yang sama. Akibatnya, satu orbital hanya dapat ditempati maksimum dua elektron dan kedua elektron tersebut harus memiliki spin berlawanan.

Contoh orbital s yang terisi penuh: $\uparrow\downarrow$

4. Diagram Orbital

Diagram orbital menggambarkan setiap orbital sebagai kotak, sedangkan elektron digambarkan dengan tanda panah. Diagram ini membantu memperlihatkan penerapan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan larangan Pauli.

Subkulit	Jumlah orbital	Kapasitas elektron
s	1	2
p	3	6
d	5	10
f	7	14

5. Contoh Konfigurasi Elektron

Unsur	Konfigurasi elektron	Contoh diagram orbital terakhir
Hidrogen (Z = 1)	$1s^1$	$1s: \uparrow$
Helium (Z = 2)	$1s^2$	$1s: \uparrow\downarrow$
Karbon (Z = 6)	$1s^2 2s^2 2p^2$	$2p: \uparrow \uparrow \square$
Oksigen (Z = 8)	$1s^2 2s^2 2p^4$	$2p: \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$
Natrium (Z = 11)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3s: \uparrow$
Klorin (Z = 17)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	$3p: \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$

6. Langkah Menentukan Konfigurasi Elektron

1. Tentukan nomor atom (Z), karena pada atom netral jumlah elektron = Z .
2. Ikuti urutan pengisian orbital berdasarkan prinsip Aufbau.
3. Perhatikan kapasitas setiap subkulit: s^2 , p^6 , d^{10} , f^{14} .
4. Saat mengisi orbital yang setingkat, terapkan aturan Hund: isi satu-satu dahulu sebelum berpasangan.
5. Terapkan larangan Pauli: maksimal dua elektron dalam satu orbital dan spin keduanya berlawanan.
6. Periksa kembali jumlah seluruh elektron agar sama dengan nomor atom untuk atom netral.

7. Latihan

1. Tentukan jumlah proton, neutron, dan elektron atom $^{23}_{11}\text{Na}$.
2. Tuliskan konfigurasi elektron atom Mg ($Z = 12$).
3. Tuliskan konfigurasi elektron atom Al ($Z = 13$).
4. Tuliskan konfigurasi elektron atom S ($Z = 16$) dan gambarkan diagram orbital 3p.
5. Tuliskan konfigurasi elektron atom Cl ($Z = 17$) dan gambarkan diagram orbital 3p.
6. Tentukan empat bilangan kuantum yang mungkin untuk salah satu elektron pada orbital 3p.
7. Jelaskan perbedaan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan larangan Pauli.
8. Mengapa orbital p dapat menampung maksimal 6 elektron?
9. Gambarkan diagram orbital untuk $2p^5$.
10. Mengapa dua elektron dalam satu orbital harus mempunyai spin berlawanan?

8. Ringkasan

- Atom tersusun atas proton, neutron, dan elektron.
- Nomor atom (Z) menunjukkan jumlah proton; pada atom netral, jumlah elektron sama dengan jumlah proton.
- Nomor massa (A) merupakan jumlah proton dan neutron.
- Empat bilangan kuantum adalah n , l , m_l , dan m_s .
- Subkulit s, p, d, dan f masing-masing memiliki kapasitas maksimum 2, 6, 10, dan 14 elektron.
- Prinsip Aufbau mengatur pengisian dari orbital berenergi lebih rendah ke lebih tinggi.
- Aturan Hund mengatur pengisian orbital setingkat satu per satu sebelum berpasangan.
- Larangan Pauli menyatakan bahwa satu orbital maksimum berisi dua elektron dengan spin berlawanan.
- Ketiga aturan tersebut digunakan bersama untuk menentukan konfigurasi elektron dan diagram orbital.

9. Keterkaitan dengan Teknik Kimia Industri

Pemahaman struktur atom dan konfigurasi elektron merupakan dasar untuk memahami sifat unsur, pembentukan ion, ikatan kimia, reaktivitas, sifat bahan, serta berbagai proses kimia di industri. Elektron valensi sangat berpengaruh terhadap kecenderungan unsur bereaksi dan membentuk senyawa.

Latihan Soal

- Semua electron dalam sub kulit d mempunyai bilangan kuantum
 - $n = 3$
 - $n = 2$
 - $l = 2$
 - $n = 4$
 - $s = \frac{1}{2}$
- Bilangan-bilangan kuantum yang mungkin dimiliki oleh suatu electron adalah...
 - $n = 2$ $l = 2$ $m = 0$ $s = +\frac{1}{2}$
 - $n = 3$ $l = 0$ $m = +1$ $s = +\frac{1}{2}$
 - $n = 4$ $l = 2$ $m = -3$ $s = +\frac{1}{2}$
 - $n = 3$ $l = 3$ $m = 0$ $s = -\frac{1}{2}$
 - $n = 2$ $l = 0$ $m = 0$ $s = -\frac{1}{2}$
- Nilai yang mungkin untuk bilangan kuantum dalam suatu orbital adalah...
 - $n = 2$ $l = 1$ $m = -1$
 - $n = 2$ $l = 2$ $m = 2$
 - $n = 3$ $l = 3$ $m = 1$
 - $n = 1$ $l = 1$ $m = 0$
 - $n = 3$ $l = 2$ $m = 3$
- Manakah di antara bilangan kuantum berikut yang *tidak* diperbolehkan?
 - $n = 3$ $l = 2$ $m = 1$
 - $n = 2$ $l = 1$ $m = -1$
 - $n = 3$ $l = 3$ $m = -1$
 - $n = 3$ $l = 0$ $m = 0$
 - $n = 3$ $l = 2$ $m = -1$
- Konfigurasi electron X^{2-} dari suatu ion ${}^{32}_{16}X$ adalah...
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 3d^2$
- Dua buah unsur mempunyai diagram orbital sebagai berikut:
X : [Ar] 
Y : [Ne] 
Nomor atom dari unsur X adalah...
 - 17
 - 18
 - 21

- D. 26
E. 30
7. Titan mempunyai nomor atom 22. Jumlah electron yang tidak berpasangan yang terdapat dalam ion Ti^{3+} adalah. . .
A. 0
B. 1
C. 2
D. 3
E. 4
8. Suatu unsur X dengan nomor atom 27 mempunyai jumlah orbital . . .
A. 8
B. 10
C. 13
D. 14
E. 15
9. Salah satu electron terluar yang terdapat dalam atom dengan nomor atom =20, mempunyai harga bilangan kuantum. . .
A. $n=1$ $l=1$ $m=-1$ $s= + \frac{1}{2}$
B. $n=2$ $l=2$ $m=+2$ $s= - \frac{1}{2}$
C. $n=3$ $l=1$ $m=+2$ $s=+1/2$
D. $n=4$ $l=0$ $m=0$ $s=+1/2$
E. $n=4$ $l=1$ $m=+1$ $s= -1/2$