



Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

# TEORI MEKANIKA KUANTUM 2

SMAK IMMANUEL

PONTIANAK, 2 November 2015



**KIMIA X-TH 2015-2016**

*Oleh : Eka Widjajanti*



# KOMPETENSI DASAR

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- 3.2 Menganalisis perkembangan model atom.
- 3.3 Menganalisis struktur atom berdasarkan teori atom Bohr dan teori mekanika kuantum.
- 3.4 Menganalisis hubungan konfigurasi elektron dan diagram orbital untuk menentukan letak unsur dalam tabel periodik dan sifat-sifat periodik unsur.
- 4.2 Mengolah dan menganalisis perkembangan model atom.
- 4.3 Mengolah dan menganalisis struktur atom berdasarkan teori atom Bohr dan teori mekanika kuantum.
- 4.4 Menyajikan hasil analisis hubungan konfigurasi elektron dan diagram orbital untuk menentukan letak unsur dalam tabel periodik dan sifat-sifat periodik unsur.





# INDIKATOR

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat:

1. Menjelaskan perbedaan teori atom Niels Bohr dan teori mekanika kuantum
2. Menguraikan konfigurasi elektron berdasarkan teori mekanika kuantum
3. Mengolah dan menganalisis partikel penyusun atom, konfigurasi elektron menurut teori mekanika kuantum
4. Mempresentasikan hasil analisis konfigurasi elektron menurut teori mekanika kuantum untuk menjelaskan struktur suatu atom
5. Menghubungkan konfigurasi elektron suatu unsur dengan letaknya dalam sistem periodik
6. Menjelaskan sifat-sifat periodik unsur berdasarkan konfigurasi elektronnya





# PRE-TEST

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Tentukan bilangan kuantum utama, azimuth, magnetik dan spin yang dimiliki oleh kulit M.
- Berapa jumlah orbital yang dimiliki oleh kulit M?





# BILANGAN KUANTUM

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Bilangan kuantum utama (  $n$  )
- Bilangan kuantum azimuth (  $\ell$  )
- Bilangan kuantum magnetik (  $m$  )
- Bilangan kuantum spin (  $s$  )





# Bilangan kuantum pada kulit M

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- $n =$
  - $\ell =$
  - $m =$
  - $s =$
  - Ada berapa orbital ?
- $n=3$
  - $\ell = 0,1,2$
  - $m = -2,-1,0,+1,+2$
  - $s=-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$
  - Sub kulit s :  $\ell = 0, m=0$
  - Sub kulit p :  $\ell = 1, m= -1,0,+1$
  - Sub kulit d :  $\ell = 2, m= -2,-1,0,+1,+2$
  - Semua ada 9 orbital





# Energi orbital

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Energi
  - Dicitrkan oleh :
    - bil kuantum utama ( $n$ )  $\rightarrow$  tingkat energi utama
    - dan bil kuantum azimuth ( $l$ )  $\rightarrow$  energi subkulit



# Diagram tingkat energi

Beranda

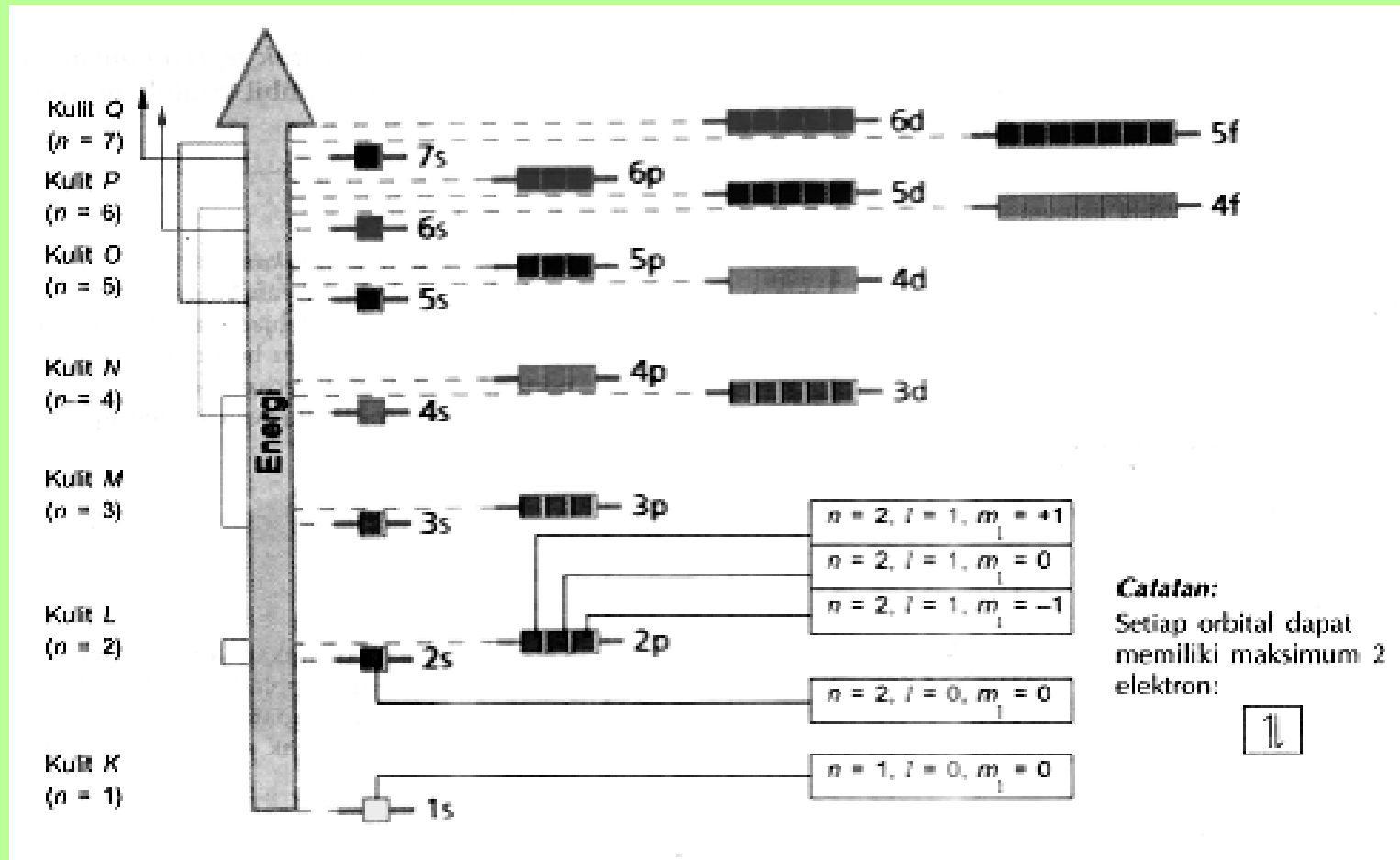
KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi







Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Setiap orbital dilambangkan dg kotak
  - Sub kulit s = 1 kotak
  - Sub kulit p = 3 kotak
  - Sub kulit d = 5 kotak, dst
- Kenaikan skala energi → jarak antara kulit-kulit semakin berkurang, terjadi tumpang tindih kulit-kulit → energi orbital di subkulit 4s mempunyai energi lebih rendah dibandingkan orbital di subkulit 3d.



# Bentuk & orientasi ruang orbital

Beranda

KD

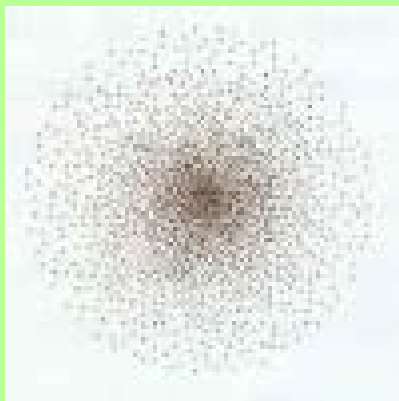
Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Bentuk orbital
  - Dicitrakan : bil kuantum azimuth ( $\ell$ )
- Contoh :
  - Orbital subkulit s berbentuk seperti bola



# Bentuk & orientasi orbital subkulit s

Beranda

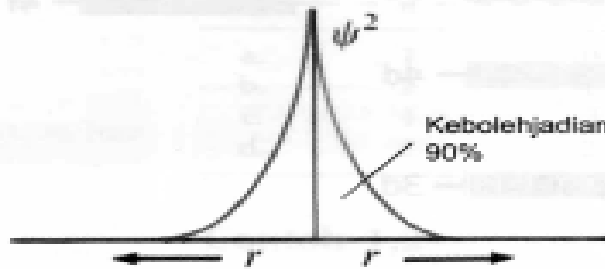
KD

Materi

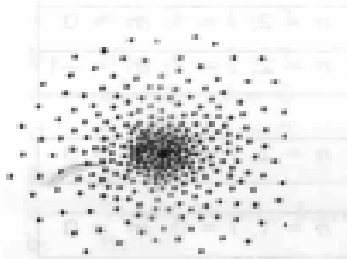
latihan

Evaluasi

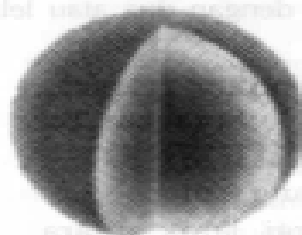
Referensi



(a) Kurva  $\psi^2$  dari orbital di subkulit 1s



(b) Pola bercak-bercak orbital di subkulit 1s

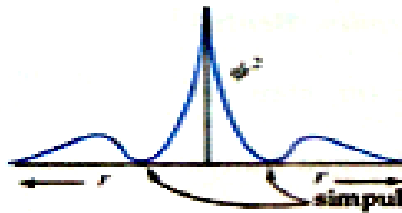


(c) Bentuk orbital di subkulit 1s dengan kontur 90%

Kebolehjadian menemukan elektron pada orbital di subkulit 1s yang digambarkan oleh kurva  $\psi^2$ . Kebolehjadian paling besar terdapat pada  $r = 0$  lalu berkurang dengan pertambahan nilai  $r$ . Secara teoritis, kebolehjadian ini tidak pernah mencapai nol.

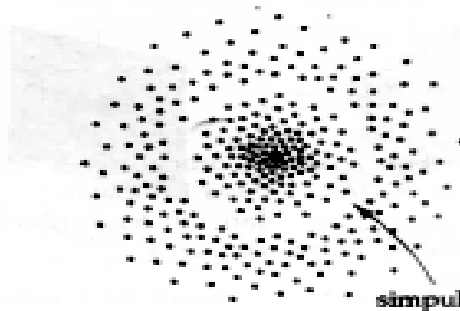
Kebolehjadian menemukan elektron dapat digambarkan sebagai pola bercak-bercak yang menyatakan kerapatan elektron. Kerapatan ini pada jarak  $r$  dari inti sama ke segala arah.

Dari pola bercak-bercak, visualisasi bentuk orbital di subkulit 1s dapat dimungkinkan dengan penggunaan batas/kontur 90%. (Tanpa kontur, bentuk orbital menjadi tak terhingga). Terlihat, orbital di subkulit 1s mempunyai bentuk seperti bola dengan orientasi sama ke segala arah.



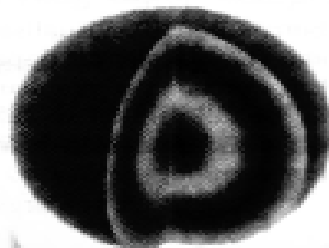
(a) Kurva  $\Psi^2$  dari orbital di subkulit 2s

**Kebolehjadian menemukan elektron pada orbital di subkulit 2s** yang digambarkan oleh kurva  $\Psi^2$ . Pada awalnya, kebolehjadian berkurang dengan pertambahan jarak  $r$  dan mencapai nol pada suatu jarak tertentu. (Titik ini merupakan simpul pada gelombang elektron). Setelah itu, kebolehjadian naik lagi mencapai suatu nilai maksimum sebelum kembali turun.



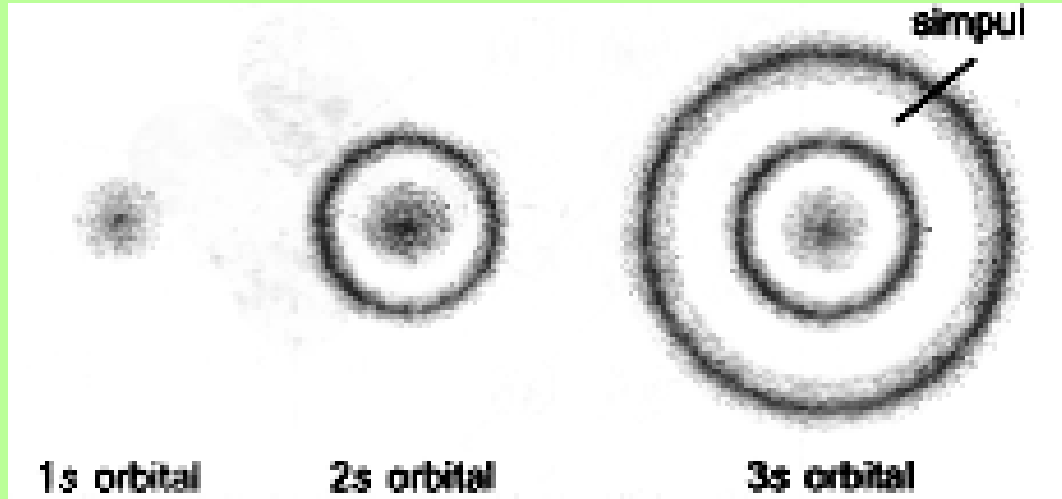
(b) Pola bercak-bercak orbital di subkulit 2s

Pada pola bercak-bercak orbital di subkulit 2s, terlihat bahwa kerapatan elektron pada jarak  $r$  dari inti sama ke segala arah, seperti halnya pada orbital di subkulit 1s. Namun, adanya simpul menyebabkan terdapat ruang kosong di mana elektron tidak ditemukan.



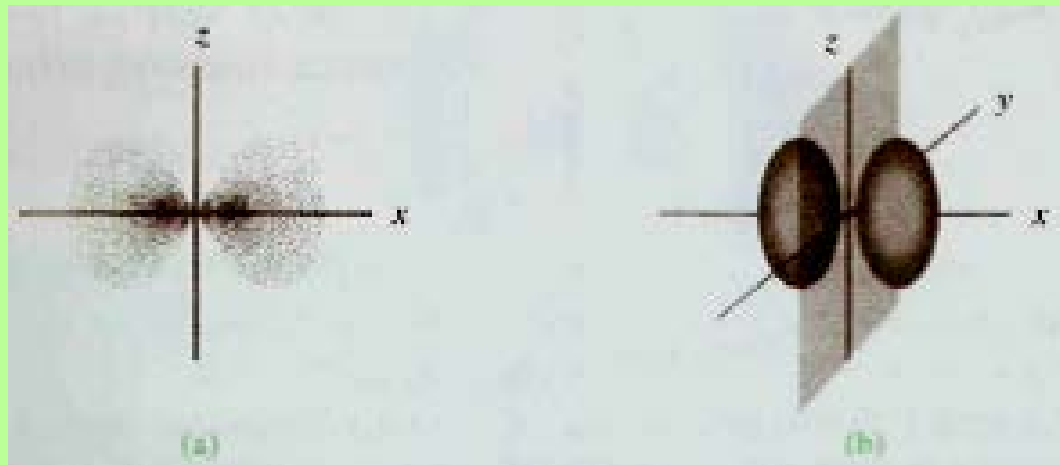
(c) Bentuk orbital di subkulit 2s dengan kontur 90%

Dari pola bercak-bercak, visualisasi bentuk orbital di subkulit 2s dapat dimungkinkan dengan penggunaan **batas/kontur 90%**. Terlihat, orbital di subkulit 2s juga mempunyai **bentuk seperti bola dengan orientasi sama ke segala arah**.



Gambar 2.42 Perbandingan ukuran orbital di subkulit 1s, 2s, dan 3s yang digambarkan sebagai awan elektronnya.

- Orbital di subkulit p berbentuk seperti balon terpilin



Gambar 2.39 (a) pola titik yang menggambarkan distribusi densitas elektron pada orbital p, (b) kontur 90% dari orbital p. Bentuknya seperti 2 cuping atau balon terpilin dengan satu simpul melalui inti





Beranda

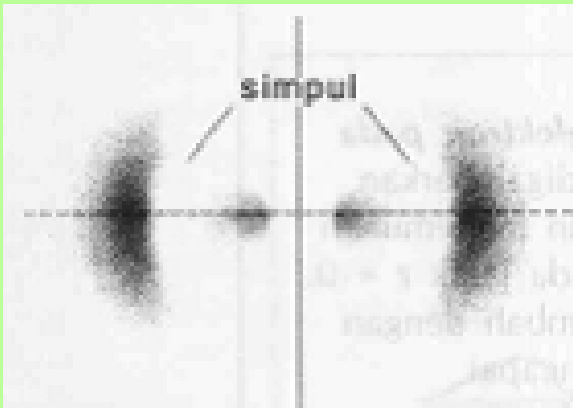
KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi



Gambar 2.44 Pola bercak-bercak orbital di subkulit 3p

Sub kulit p mempunyai 3 orbital yg berbentuk seperti balon terpinil dengan orientasi membentuk sudut  $90^\circ$  satu sama lain





# Bentuk & orientasi orbital p

Beranda

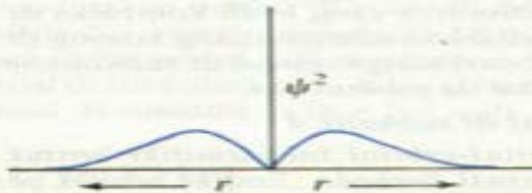
KD

Materi

latihan

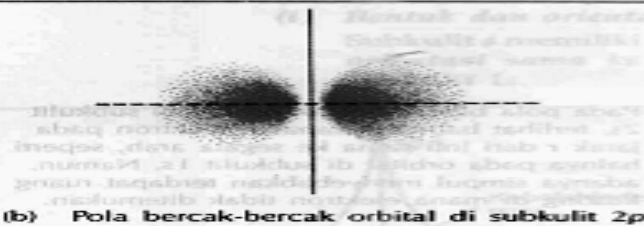
Evaluasi

Referensi



(a) Kurva  $\Psi^2$  dari orbital di subkulit 2p

Kebolehjadian menemukan elektron pada orbital di subkulit 2p yang digambarkan oleh kurva  $\Psi^2$ . Kebolehjadian menemukan elektron sama dengan nol pada jarak  $r = 0$ . Lalu, kebolehjadian ini bertambah dengan pertambahan jarak  $r$  dan mencapai maksimum sebelum kembali turun.

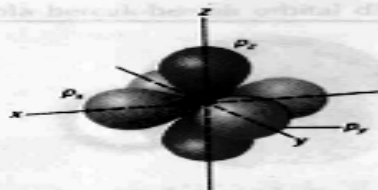


Pada pola bercak-bercak orbital di subkulit 2p, terlihat bahwa kerapatan elektron pada jarak  $r$  dari inti terdistribusi secara simetris dalam dua area berlawanan.



(c) Bentuk orbital di subkulit 2p dengan kontur 90%, yang sering disederhanakan menjadi bentuk bola terpinis.

Dari pola bercak-bercak, visualisasi bentuk orbital di subkulit 2p dapat dimungkinkan dengan penggunaan **batas/ kontur 90%**. Bentuk orbital di subkulit 2p umumnya disederhanakan menjadi **bentuk balon terpinis**.



(d) Orientasi dari ketiga orbital di subkulit 2p, yakni  $p_x$ ,  $p_y$ , dan  $p_z$

Ketiga orbital di subkulit 2p memiliki **orientasi yang membentuk sudut 90° satu sama lain**. Orientasi ini dapat digambarkan dengan sistem koordinat xyz. Dalam hal ini, ketiga orbital di subkulit 2p ini disebut **orbital  $p_x$ ,  $p_y$ , dan  $p_z$**  menurut sumbu orientasinya x, y, dan z.





# Bentuk & orientasi orbital subkulit d

Beranda

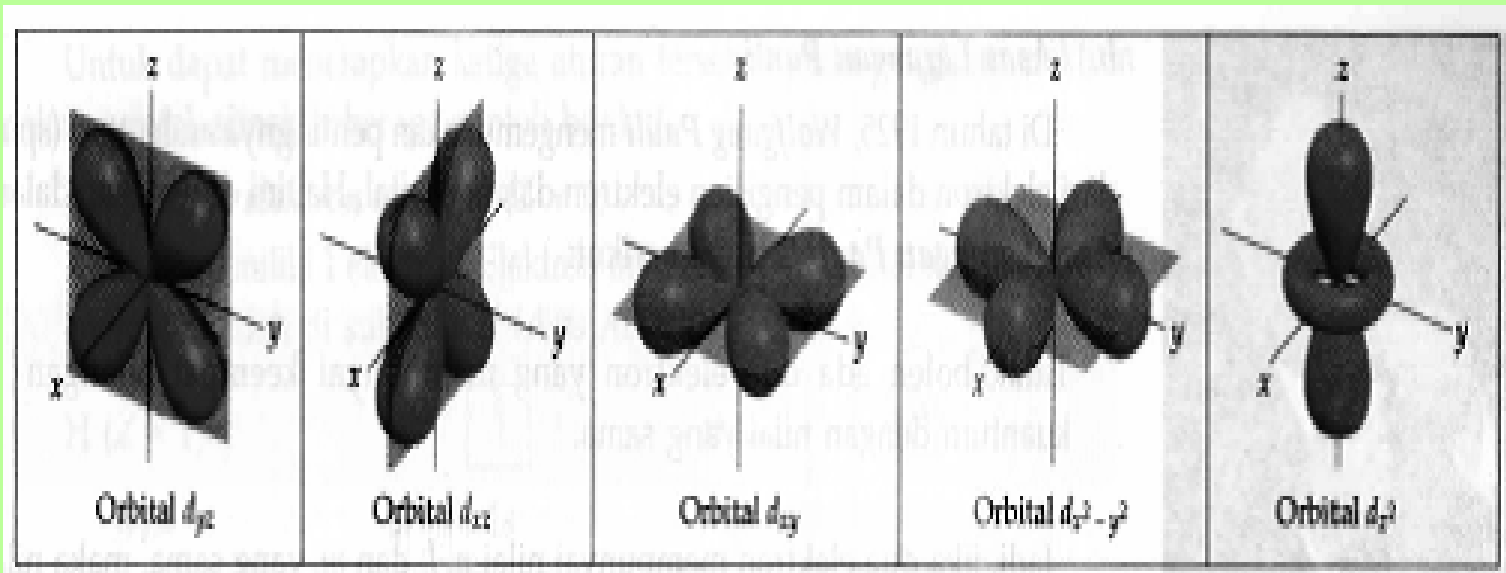
KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi



Ada 5 orbital dengan 5 orientasi yg berbeda.

Empat orbital pertama memiliki bentuk yg sama, sedangkan orbital yg kelima mempunyai bentuk dengan tambahan gelang donat pada bidang xy.

$$d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{x^2-y^2}, \text{ dan } d_{z^2}$$



# Bentuk & orientasi orbital di subkulit f

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Mempunyai 7 orbital
- Bentuk dan orientasinya kompleks, tidak dibahas di tingkat sma





# Konfigurasi elektron

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

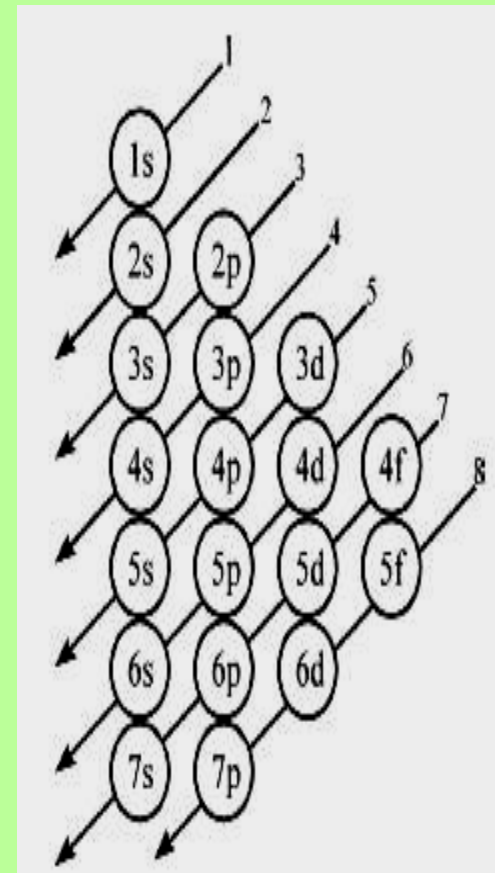
Referensi

- Menggambarkan susunan elektron pada orbital-orbitalnya dalam atom
- Ada 3 aturan pengisian elektron ke dalam orbital, yaitu :
  - Azas aufbau
  - Azas Larangan Pauli
  - Kaidah Hundt



# Azas aufbau

- Pada kondisi normal atau tingkat dasar dari atom, elektron-elektron cenderung menempati orbital-orbital dengan energi lebih rendah terlebih dahulu.
- Urutan pengisian berdasarkan tingkat energi digambarkan sbb :
- $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s \dots$





# Azas Larangan Pauli

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi





- Tidak boleh ada dua elektron yang mempunyai keempat bilangan kuantum dengan nilai yang sama.
- Maka bila ada dua elektron yang mempunyai nilai  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$  sama, maka nilai  $s$  harus berlawanan

Suatu orbital hanya dapat ditempati paling banyak oleh dua elektron dengan arah spin berlawanan.



# Kaidah Hund

- Observasi :
  - Gaya tolak menolak elektrostatis antara 2 elektron akan minimum jika posisinya saling berjauhan
  - maka : elektron-elektron harus terlebih dahulu menempati masing-masing orbital dg arah rotasi (spin) yang sama sebelum dapat berpasangan

 <p>Subkulit p (2 elektron)</p>	 <p>Subkulit p (3 elektron)</p>	 <p>Subkulit p (4 elektron)</p>	 <p>Subkulit p (5 elektron)</p>
--	--	--	--





# Contoh konfigurasi elektron

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Unsur H (Z=1)

1s

atau  $1s^1$

↑

Diagram orbital

Notasi singkat

- Unsur N (Z=7)

?

$1s^2 2s^2 2p^3$

- Unsur O (Z=8)

?

$1s^2 2s^2 2p^4$

- Unsur Fe (Z= 26)

?

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Notasi menggunakan konfigurasi gas mulia untuk Fe

$[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$

**KIMIA X-TH 2015-2016**

Oleh : Eka Widjajanti







# Penyimpangan dalam pengisian orbital di subkulit d dan f

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Terjadi pada orbital yang hampir penuh (Cr, Mo) atau setengah penuh (Cu, Pd)
- Karena orbital setengah penuh dan penuh bersifat lebih stabil dibanding hampir penuh atau hampir setengah penuh
- Maka 1 atau 2 elektron dari orbital di subkulit  $ns$  pindah ke orbital di subkulit  $(n-1)d$







Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

Unsur	Nomor atom (Z)	Konfigurasi elektron yang diharapkan	Konfigurasi elektron berdasarkan eksperimen
Cr	24	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^4$	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$
Cu	29	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^9$	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$
Mo	42	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^4$	$[\text{Kr}] 5s^1 4d^5$
Pd	46	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^8$	$[\text{Kr}] 5s^0 4d^{10}$
Ag	47	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^9$	$[\text{Kr}] 5s^1 4d^{10}$





# Penyimpangan di subkulit f

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Terjadi karena tingkat energi orbital-orbital yg sangat berdekatan
- 1 atau 2 elektron dari orbital di subkulit  $(n-2)f$  pindah ke orbital di subkulit  $(n-1)d$





Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

Unsur	Nomor atom (Z)	Konfigurasi elektron yang diharapkan	Konfigurasi elektron berdasarkan eksperimen
La	57	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^1 5d^0$	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^0 5d^1$
Ce	58	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^2 5d^0$	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^1 5d^1$
Gd	64	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^8 5d^0$	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^7 5d^1$
Ac	89	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^1 6d^0$	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^0 6d^1$
Th	90	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^2 6d^0$	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^0 6d^2$
Pa	91	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^3 6d^0$	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^2 6d^1$
U	92	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^4 6d^0$	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^3 6d^1$
Np	93	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^5 6d^0$	$[\text{Rn}] 7s^2 5f^4 6d^1$





# Konfigurasi ion positif

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Terbentuk dari pelepasan elektron dari kulit terluarnya, yaitu kulit yg sudah terisi dengan nilai n paling besar

Na (Z=11) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	Fe (Z=26) : [Ar] $4s^2 3d^6$
Ion Na <sup>+</sup> : $1s^2 2s^2 2p^6$	Ion Fe <sup>2+</sup> : [Ar] $3d^6$
	Ion Fe <sup>3+</sup> : [Ar] $3d^5$





# Konfigurasi ion negatif

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Dibentuk dari atom netral yg menyerap elektron untuk mengisi orbital dengan tingkat energi terendah yang belum penuh

O (Z=8) : [He] $2s^2 2p^4$	S (Z=16) : [Ne] $3s^2 3p^4$
Ion O <sup>-</sup> : [He] $2s^2 2p^5$	Ion S <sup>2-</sup> : [Ne] $3s^2 3p^6$
Ion O <sup>2-</sup> : [He] $2s^2 2p^6$	





# Latihan soal

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Kerjakan soal pada hand out hal 32





# evaluasi

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

1. Tuliskan :

- Diagram orbital
- Notasi singkat
- Konfigurasi elektron dg menggunakan konf gas mulia

Dari Nikel ( $z=28$ )

2. Tuliskan konfigurasi elektron dari  $\text{Ag}^+$  ( $Z=47$ )





# referensi

Beranda

KD

Materi

latihan

Evaluasi

Referensi

- Haris Watoni, Kimia 1, Yirama Widya
- Johari, Kimia X, PT. ESIS
- Johari, Kimia XI, PT ESIS
- Purba, Kimia X, PT. Erlangga
- Purba, Kimia X, PT Erlangga
- Ted lister, Chemistry advance lecel, Nelsonthorne

