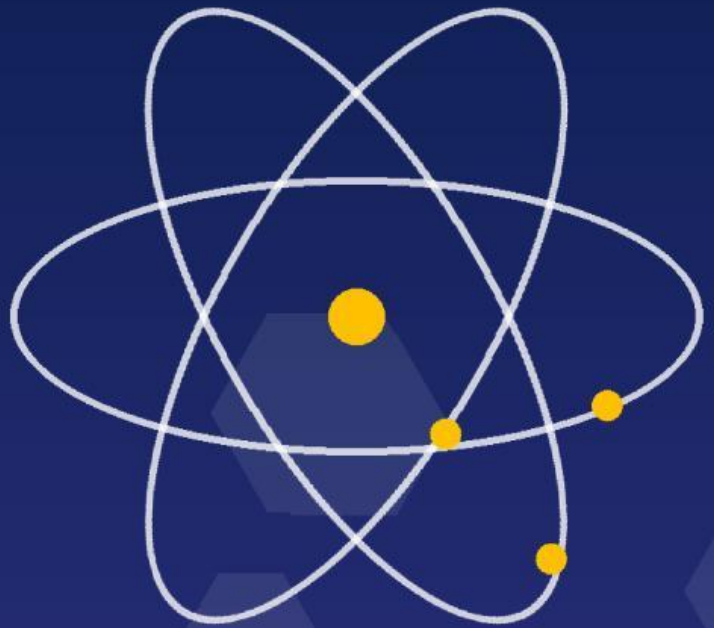


MODUL 2



KONFIGURASI ELEKTRON MODEL MEKANIKA KUANTUM (SUBKULIT)

TUJUAN PEMBELAJARAN

Melalui E-LKPD ini, peserta didik mampu mengganti konsepsi yang keliru dengan konsep yang benar tentang konfigurasi elektron berdasarkan subkulit dan orbital menurut prinsip Aufbau, aturan Hund, dan larangan Pauli.

Tahap 1. Menunjukkan Konsepsi Peserta Didik

Aktivitas 2.1.A | Open-Answer Questions — Dugaan awal

Petunjuk: nyatakan pendapatmu sebelum belajar. Jawabanmu tidak dinilai, hanya digunakan untuk mengetahui konsepsi awal yang kamu miliki.

Menurut dugaanmu, bagaimana konfigurasi elektron atom ${}_{19}\text{K}$ berdasarkan subkulit?
Tuliskan!

Jawab:

Aktivitas 2.1.B | Multiple Choice + Open-Answer — Setuju atau tidak setuju?

Petunjuk: pilih Setuju atau Tidak setuju, pilih tingkat keyakinanmu, lalu tulis alasanmu.

No	Pernyataan	Setuju	Tidak setuju	Keyakinan	Alasanmu
1	Subkulit 3d terisi lebih dahulu daripada subkulit 4s karena nomor kulit 3 lebih kecil daripada 4.				
2	Pada pengisian $2p^4$ atom oksigen, dua elektron pertama langsung berpasangan dalam satu orbital sebelum mengisi orbital 2p yang lain.				
3	Satu orbital dapat menampung maksimum 2 elektron dengan arah spin yang berlawanan.				
4	Kulit, subkulit, dan orbital adalah istilah yang memiliki arti sama.				
5	Subkulit p memiliki 3 orbital sehingga dapat menampung maksimum 6 elektron.				

Jika jawabanmu berbeda dengan konsep para ahli, kamu terdeteksi **miskonsepsi**. Miskonsepsi yang tidak segera dihilangkan dapat berakibat pada pemahaman materi selanjutnya.

Aktivitas 2.1.C | Multiple Choice Exercise — Kesiapan belajar

Apakah kamu ingin memahami konsep yang benar?

Ya	Tidak

Tahap 2. Membuat Konflik Konseptual

Perhatikan data di bawah ini supaya kamu semakin yakin apakah konsepsimu sudah sesuai dengan fakta!

Catatan penulisan: [Ar] adalah singkatan konfigurasi gas mulia Argon (nomor atom 18) = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Penyingkatan ini akan dibahas lengkap di Modul 3.

Data 1. Atom kalium

Kalium ($_{19}\text{K}$) bereaksi sangat hebat dengan air, hanya melepas 1 elektron membentuk K^+ , termasuk golongan IA (logam alkali), dan memberi warna nyala ungu pada uji nyala. Elektron terluar atom golongan IA berada pada kulit terakhir, yaitu kulit yang sama dengan nomor periodenya (kalium berada di periode 4).

Aktivitas 2.2.A | Fill in the Gaps — Uji dua dugaan urutan pengisian

Petunjuk: lengkapi konfigurasi $_{19}\text{K}$ setelah [Ar].

Dugaan urutan pengisian	Awal	Sisa konfigurasi $_{19}\text{K}$	Elektron terluar di kulit ke-
Subkulit 3d diisi sebelum 4s	[Ar]		
Subkulit 4s diisi sebelum 3d	[Ar]		

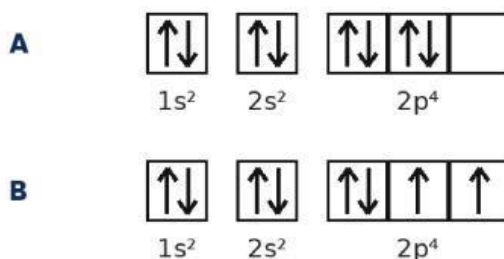
Aktivitas 2.2.B | Open-Answer — Pilih dugaan yang sesuai fakta

Dugaan mana yang sesuai dengan fakta bahwa kalium berada pada periode 4 golongan IA?

Jelaskan:

Data 2. Atom oksigen

Dua diagram orbital berikut diajukan untuk atom $_{8}\text{O}$ ($2p^4$). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa atom oksigen memiliki **2 elektron yang tidak berpasangan**.



Gambar 2. Dua Dugaan Diagram Orbital Atom Oksigen

Aktivitas 2.2.C | Fill in the Gaps — *Hitung elektron tidak berpasangan*

Diagram	Jumlah elektron tidak berpasangan	Sesuai dengan fakta eksperimen?
A		
B		

Data 3. Kulit, subkulit, dan orbital

Jika kulit, subkulit, dan orbital adalah istilah yang sama, jumlah ketiganya pada tiap tingkat energi akan sama. Periksa data berikut!

Aktivitas 2.2.D | Fill in the Gaps — *Hitung subkulit dan orbital kulit ke-3*

Petunjuk: subkulit kulit ke-3 adalah 3s, 3p, 3d.

Kulit (n)	Subkulit	Jumlah subkulit	Jumlah semua orbital	Maksimum elektron
1	1s	1	1	2
2	2s, 2p	2	4	8
3	3s, 3p, 3d			

Aktivitas 2.2.E | Join with Arrows — *Konsepsi vs bukti yang membantahnya*

Petunjuk: hubungkan setiap konsepsi di kiri dengan data di kanan yang membuat konsepsi itu diragukan.

Subkulit 3d diisi lebih dulu daripada 4s.	Oksigen memiliki 2 elektron tidak berpasangan.
Elektron pada $2p^4$ langsung berpasangan dalam satu orbital.	Kulit ke-3 memiliki 3 subkulit dan 9 orbital.
Kulit, subkulit, dan orbital adalah istilah yang sama.	Kalium berada di periode 4 golongan IA.

Aktivitas 2.2.F | Open-Answer Questions — *Jelaskan konfliknya*

Data mana yang paling membuatmu ragu terhadap konsepsimu? Jelaskan alasannya!

Jawab:

Aktivitas 2.2.G | Multiple Choice Exercise — *Masih yakinkah kamu?*

Berdasarkan data di atas, apakah kamu masih yakin dengan konsepsimu tadi?

Ada perbedaan antara konsepsimu dan fakta. Mari cari tahu penjelasan yang benar pada tahap berikutnya!

Ya	Tidak

Tahap 3. Proses Equilibrasi

Kulit, Subkulit, dan Orbital

Menurut model atom mekanika kuantum, elektron tidak bergerak pada lintasan yang pasti, melainkan berada pada tingkat-tingkat energi tertentu (kulit). Kulit tersusun atas subkulit, dan subkulit tersusun atas orbital, yaitu daerah dengan peluang terbesar menemukan elektron. Analogi yang dapat digunakan:

Join with arrows and then Open your Answer on the table!

Kompleks perumahan	Setiap orbital maksimum berisi 2 elektron.
Rumah	Setiap kamar maksimum dihuni 2 orang.
Kamar	Setiap orbital maksimum berisi 2 elektron
Penghuni kamar	Di dalamnya terdapat berbagai tipe rumah.

Atom	Analogi	Penjelasan
Kulit	Kompleks perumahan	
Subkulit	Rumah	
Orbital	Kamar	
Elektron	Penghuni kamar	

Aktivitas 2.3.A | Drag and Drop — Jumlah orbital dan elektron tiap subkulit

Petunjuk: seret kartu ke kotak yang tepat. Ingat setiap orbital maksimum berisi 2 elektron.

Kartu jawaban:

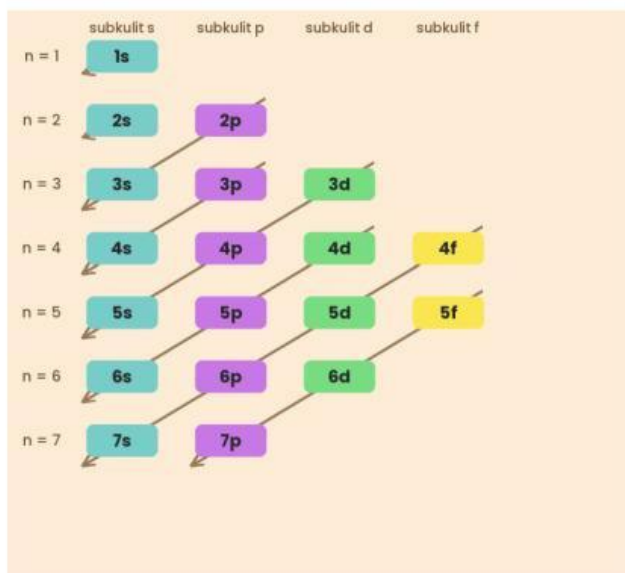
7	2	14	5
10	1	6	3

Subkulit	s	p	d	f
Jumlah orbital				
Maksimum elektron				

1. Prinsip

Aufbau

Kata *Aufbau* berasal dari bahasa Jerman "Aufbauen" yang berarti membangun. Pengisian elektron dimulai dari subkulit dengan tingkat energi terendah menuju tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ketika elektron mengisi subkulit dengan tingkat energi terendah disebut keadaan dasar (*ground state*).



Gambar 3. Urutan Pengisian Subkulit (Prinsip Aufbau)

Urutan pengisian mengikuti arah panah: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p. Perhatikan bahwa subkulit 4s memiliki energi lebih rendah daripada 3d, sehingga setelah 3p penuh, elektron mengisi 4s terlebih dahulu sebelum 3d.

Aktivitas 2.3.B | Drag and Drop — Urutan pengisian subkulit

Petunjuk: seret kartu subkulit ke kotak nomor urutan pengisian yang benar.

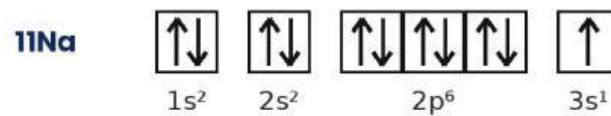
Kartu jawaban:

3d	2p	4s	1s	5s
3p	4d	2s	4p	3s

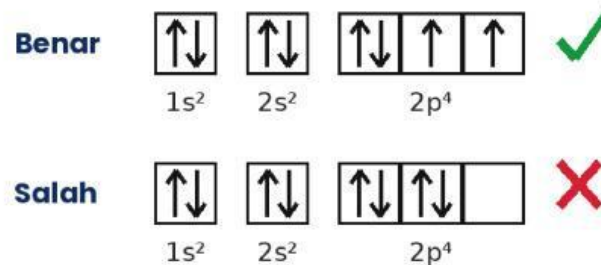
Urutan 1	Urutan 2	Urutan 3	Urutan 4	Urutan 5
Urutan 6	Urutan 7	Urutan 8	Urutan 9	Urutan 10

2. Aturan Hund

Elektron yang mengisi subkulit dengan lebih dari satu orbital (p, d, dan f) akan tersebar pada orbital-orbital yang tingkat energinya sama dengan arah putaran (spin) yang sama. Pengisian dimulai dengan satu elektron pada tiap orbital, dan setelah semua orbital terisi satu elektron, elektron sisanya mengisi orbital dengan spin berlawanan sehingga terbentuk pasangan elektron.



Gambar 4. Contoh Diagram Orbital Na

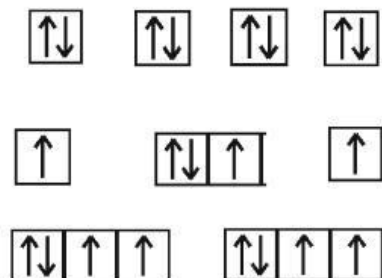


Gambar 5. Diagram Orbital Oksigen: yang Benar dan yang Tidak Sesuai Aturan Hund

Aktivitas 2.3.C | Drag n Drop + Fill in the Gaps — Lengkapi diagram orbital

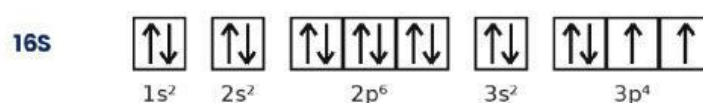
Petunjuk: isi kotak dari kiri ke kanan sesuai aturan Hund. Pilihan: $\uparrow\downarrow$ (dua elektron), $\uparrow$ (satu elektron, spin ke atas), $\downarrow$ (satu elektron, spin ke bawah), kosong.

Atom	1s	2s	2p	Elektron tidak berpasangan
^8O				
^7N				



3. Larangan Pauli

Menurut Pauli, tidak ada dua elektron dalam satu atom yang memiliki keempat bilangan kuantum yang sama. Akibatnya, satu orbital hanya dapat berisi maksimum 2 elektron dengan spin yang berlawanan. Contoh pada subkulit $3p^4$ atom ^{16}S :



Gambar 6. Diagram Orbital Atom S

Elektron	n	l	m	s
Ke-1	3	1	-1	$+\frac{1}{2}$
Ke-2	3	1	0	$+\frac{1}{2}$
Ke-3	3	1	+1	$+\frac{1}{2}$
Ke-4	3	1	-1	$-\frac{1}{2}$

Perhatikan: elektron ke-1 sampai ke-3 menempati orbital yang berbeda (aturan Hund). Elektron ke-4 baru berpasangan dengan elektron ke-1 pada orbital yang sama, sehingga spinnya harus berlawanan (larangan Pauli).

Aktivitas 2.3.D | Drop-Down Select Box — Terapkan larangan Pauli

Elektron ke-4 menempati orbital dengan $m = -1$ yang sudah berisi elektron ke-1 ($s = +\frac{1}{2}$). Spin elektron ke-4 harus ...

Aktivitas 2.3.E | Join with Arrows — Istilah dan pengertiannya

Petunjuk: hubungkan setiap istilah di kiri dengan pengertiannya di kanan.

Prinsip Aufbau	Satu orbital maksimum berisi 2 elektron dengan spin berlawanan.
Aturan Hund	Daerah dengan kebolehjadian terbesar untuk menemukan elektron.
Larangan Pauli	Elektron mengisi subkulit dari tingkat energi terendah ke yang lebih tinggi.
Orbital	Elektron mengisi orbital setara satu per satu dengan spin sama sebelum berpasangan.

Golongan dan Periode Berdasarkan Subkulit

- **Periode** sama dengan bilangan kuantum utama (n) terbesar.
- **Golongan A:** jumlah elektron pada subkulit terluar ns dan np sama dengan nomor golongan.
- **Golongan B:** konfigurasi berakhir pada $ns(n-1)d$; jumlah elektron $ns + (n-1)d$ menentukan golongan (3 sampai 7 = IIIB sampai VIIB, 8 sampai 10 = VIIIB, 11 = IB, 12 = IIB).

Pertanyaan Pemandu

Aktivitas 2.3.F | Open-Answer Questions — *Pertanyaan pemandu*

1. Mengapa subkulit 4s diisi lebih dahulu daripada 3d?

Jawab:

2. Mengapa pada $2p^4$ elektron tidak langsung berpasangan di satu orbital?

Jawab:

3. Mengapa satu orbital tidak mungkin berisi 3 elektron?

Jawab:

Pengolahan Data 1: Konfigurasi, Golongan, dan Periode

Aktivitas 2.3.G | Fill in the Gaps — Tabel konfigurasi subkulit

Petunjuk: ketik konfigurasi lengkap dengan huruf kecil, tanpa pangkat, dipisah satu spasi, urutan pengisian (contoh: $1s^2 2s^2 2p^6$).

Unsur	Konfigurasi elektron	Elektron valensi	Golongan	Periode
^{12}Mg				
^{14}Si				
^{20}Ca				
^{22}Ti				
^{30}Zn				

Pengolahan Data 2: Dari Subkulit ke Kulit

Konfigurasi subkulit dapat diubah menjadi konfigurasi kulit (model Bohr) dengan menjumlahkan elektron yang memiliki angka kulit (n) sama.

Petunjuk: $[\text{Ar}] = 2, 8, 8$; $[\text{Kr}] = 2, 8, 18, 8$; $[\text{Xe}] = 2, 8, 18, 18, 8$. Contoh $^{31}\text{Ga} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^1$:
 $\text{K} = 2$, $\text{L} = 8$, $\text{M} = 8 + 10 = 18$, $\text{N} = 2 + 1 = 3$, sehingga 2, 8, 18, 3.

Aktivitas 2.3.H | Fill in the Gaps — Mengubah subkulit menjadi kulit

Petunjuk: ketik angka saja. Tulis 0 jika kulit kosong.

Unsur	Konfigurasi subkulit	K	L	M	N	O	P
^{35}Br	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$						
^{51}Sb	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^3$						
^{56}Ba	$[\text{Xe}] 6s^2$						
^{79}Au	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^9$						

Tahap 4. Rekonstruksi Konsep

Setelah mempelajari konsep yang benar, bandingkan konsepsi awalmu dengan konsep ilmiah!

Aktivitas 2.4.A | Drag and Drop — Konsepsi awal menjadi konsep benar

Petunjuk: seret kartu konsep yang benar ke baris konsepsi awal yang sesuai.

Kartu jawaban:

Kulit tersusun atas subkulit, dan subkulit tersusun atas orbital (tingkatannya berbeda).

Subkulit 4s berenergi lebih rendah sehingga terisi sebelum 3d (Aufbau).

Elektron tersebar satu per satu pada orbital setara dengan spin sama, baru berpasangan (Hund).

Konsepsi awalku (Tahap 1)	Konsep yang benar
Subkulit 3d diisi lebih dulu daripada 4s.	
Elektron pada $2p^4$ langsung berpasangan dalam satu orbital.	
Kulit, subkulit, dan orbital adalah istilah yang sama.	

Aktivitas 2.4.B | Word Search Puzzle — *Konsolidasi istilah kunci*

Petunjuk: temukan 6 istilah penting dari modul ini.

E	H	E	E	L	U	A	O	K	C
U	M	N	U	R	S	D	B	P	M
P	M	O	O	M	M	H	U	N	D
A	E	S	U	B	K	U	L	I	T
U	P	D	U	O	B	C	T	C	I
L	B	F	A	R	L	E	M	T	C
I	E	L	B	K	K	S	P	I	N
M	I	O	R	B	I	T	A	L	A
C	M	A	U	F	B	A	U	H	K
K	C	R	T	E	P	L	G	E	I

Temukan kata-kata berikut di dalam kotak huruf:

AUFBAU	HUND	PAULI
ORBITAL	SUBKULIT	SPIN

Aktivitas 2.4.C | Open-Answer Questions — *Verification (pembuktian)*

Presentasikan jawaban yang kamu temukan. Sertakan hasil diskusi dan tanggapan dari teman maupun gurumu!

Jawab:

Aktivitas 2.4.D | Open-Answer Questions — *Generalization (menarik kesimpulan)*

Buatlah kesimpulan dari pembelajaran Modul 2!

Jawab:

Aktivitas 2.4.E | Multiple Choice Exercise — *Keyakinan akhir*

Setelah belajar, apakah sekarang kamu yakin dengan konsep yang benar?

Ya	Tidak

Evaluasi Modul 2

Petunjuk: nomor atom gas mulia: Ar = 18, Kr = 36, Xe = 54. Gunakan tabel periodik jika diperlukan.

1. Konfigurasi elektron atom berikut dimiliki oleh unsur apa?

Aktivitas 2.E.1 | Open-Answer — Mengenali unsur dari konfigurasi

Konfigurasi elektron	Unsur
a. [Ar] 3d ⁵ 4s ²	
b. [Ar] 3d ³ 4s ²	
c. [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	
d. [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	
e. [Ar] 3d ⁷ 4s ²	

2. Seorang siswa menuliskan konfigurasi atom ${}_{9}\text{F} = 1s^2 2s^2 2p^7$. Jelaskan kesalahannya dan tuliskan konfigurasi yang benar!

Aktivitas 2.E.3 | Multiple Choice Exercise + Open-Answer — Menemukan kesalahan konfigurasi

☐	A. Subkulit 2p maksimum 6 elektron ($3 \text{ orbital} \times 2$), sehingga $2p^7$ tidak mungkin.
☐	B. Subkulit 2s harus berisi 6 elektron.
☐	C. Subkulit 1s seharusnya berisi 8 elektron.
☐	D. Tidak ada kesalahan.

Konfigurasi yang benar:

3. Gambarkan diagram orbital dan jelaskan aturan yang kamu gunakan!

Aktivitas 2.E.4 | Drop-Down Select Box — Diagram orbital N

Atom	1s	2s	2p	3s	3p
${}_{11}\text{Na}$					
${}_{18}\text{Ar}$					

