



# KIMIA

## BENTUK MOLEKUL DAN HIBRIDISASI

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami definisi bentuk molekul dan jenis-jenisnya.
2. Meramalkan berbagai macam bentuk molekul berdasarkan teori domain elektron.
3. Memahami tipe molekul dan sifatnya.
4. Memahami konsep hibridisasi dan cara menentukannya.
5. Menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan bentuk molekul dan hibridisasi.

### A. Bentuk Molekul

Bentuk molekul adalah susunan tiga dimensi dari atom-atom di dalam suatu molekul. Bentuk molekul umumnya akan memengaruhi sifat fisis dan kimia suatu senyawa, seperti titik leleh, titik didih, kerapatan, dan jenis-jenis reaksi yang akan dialaminya.

#### 1. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Domain Elektron

Untuk molekul sederhana dengan atom pusat yang mengandung dua sampai enam pasangan elektron, bentuk molekulnya dapat diramalkan dengan menggunakan model tolakan pasangan elektron di kulit terluar (*Valence Shell Electron Pair Repulsion, VSEPR*) atau teori domain elektron.

Domain elektron dapat diartikan sebagai kedudukan elektron atau daerah keberadaan elektron pada atom pusat. Untuk menentukan bentuk molekul atau geometri

molekul berdasarkan teori domain elektron, kita harus mengetahui jumlah pasangan elektron ikatan (PEI) dan jumlah pasangan elektron bebas (PEB). PEI adalah pasangan elektron yang digunakan untuk berikatan dengan atom-atom lain, sedangkan PEB adalah pasangan elektron yang tidak digunakan untuk berikatan.

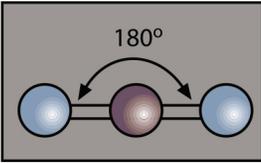
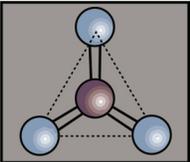
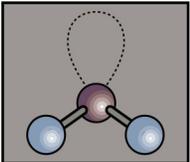
Prinsip dasar dari teori domain elektron dapat dijelaskan sebagai berikut.

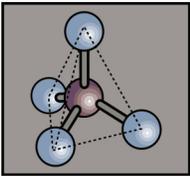
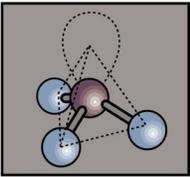
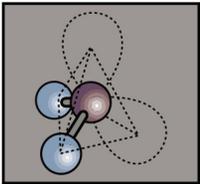
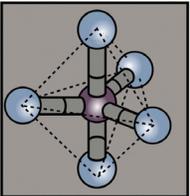
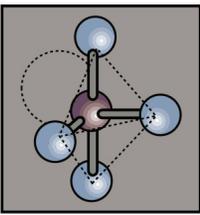
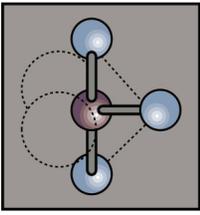
- PEI dan PEB akan menempati posisi di sekitar atom pusat dalam suatu molekul, sehingga gaya tolak-menolak antara pasangan-pasangan elektron tersebut harus serendah mungkin. Agar dihasilkan gaya tolak-menolak serendah mungkin, pasangan-pasangan elektron akan berada pada posisi yang terjauh.
- Kedudukan PEI akan menentukan arah ikatan kovalen dan menentukan bentuk molekulnya.
- PEB akan mengalami gaya tolak yang lebih besar daripada PEI. Akibatnya, PEB akan mendesak PEI untuk lebih dekat satu sama lain, sehingga PEB akan menempati ruangan yang lebih luas. Sudut-sudut yang terbentuk antara PEB dan pasangan elektron lainnya minimal  $90^\circ$ .

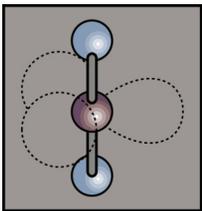
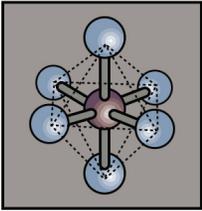
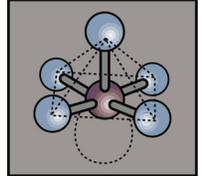
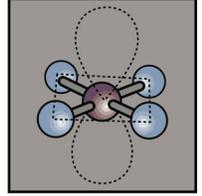
Urutan gaya tolak menolak antara pasangan elektron adalah sebagai berikut.

$$\text{PEB} - \text{PEB} > \text{PEB} - \text{PEI} > \text{PEI} - \text{PEI}$$

Berikut ini adalah tabel hubungan bentuk molekul dengan pasangan elektron ikatan (PEI) dan pasangan elektron bebas (PEB).

PE	PEI (X)	PEB (E)	Tipe Molekul	Bentuk Molekul	Sudut Ideal	Contoh	
2	2	0	$\text{AX}_2$		Linear	$180^\circ$	$\text{BeCl}_2$
3	3	0	$\text{AX}_3$		Segitiga datar/ trigonal planar	$120^\circ$	$\text{BF}_3$
3	2	1	$\text{AX}_2\text{E}$		Bengkok (huruf V)	$120^\circ$	$\text{SO}_2$

PE	PEI (X)	PEB (E)	Tipe Molekul	Bentuk Molekul	Sudut Ideal	Contoh
4	4	0	$AX_4$		Tetrahedral	$109,5^\circ$ $CH_4$
4	3	1	$AX_3E$		Segitiga piramida/ trigonal piramidal	$107,5^\circ$ $NH_3$
4	2	2	$AX_2E_2$		Bengkok (huruf V)	$104,5^\circ$ $H_2O$
5	5	0	$AX_5$		Segitiga bipiramida/ trigonal bipiramidal	$90^\circ,$ $120^\circ$ $PCl_5$
5	4	1	$AX_4E$		Tetrahedral terdistorsi	$90^\circ,$ $120^\circ$ $SF_4$
5	3	2	$AX_3E_2$		Bentuk T	$90^\circ$ $ClF_3$

PE	PEI (X)	PEB (E)	Tipe Molekul	Bentuk Molekul	Sudut Ideal	Contoh	
5	2	3	$AX_2E_3$		Linear	$180^\circ$	$XeF_2$
6	6	0	$AX_6$		Oktahedral	$90^\circ$	$SF_6$
6	5	1	$AX_5E$		Segiempat piramida/ tetragonal piramidal		$IF_5$
6	4	2	$AX_4E_2$		Segiempat datar/ tetragonal planar		$XeF_4$

## 2. Meramalkan Bentuk Molekul

Berdasarkan teori domain elektron, bentuk molekul dapat diramalkan dengan menghitung jumlah elektron yang terlibat dalam pembentukan ikatan. Langkah-langkah dalam meramalkan bentuk molekul adalah sebagai berikut.

- Tentukan jumlah elektron valensi atom pusat.
- Tentukan jumlah elektron dari atom lain yang digunakan untuk ikatan.
- Tentukan jumlah PEB dan PEI.
- Tentukan bentuk molekulnya.

Contoh:



● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : Be  $\rightarrow$  elektron valensi = 2

Atom lain :  $2\text{Cl} \rightarrow 2 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 2e^-$ , artinya PEI = 2

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 2 dan PEB = 0 adalah linear.



● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : B  $\rightarrow$  elektron valensi = 3

Atom lain :  $3\text{Cl} \rightarrow 3 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 3e^-$ , artinya PEI = 3

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 3 dan PEB = 0 adalah segitiga datar/ trigonal planar.



● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : C  $\rightarrow$  elektron valensi = 4

Atom lain :  $4\text{Cl} \rightarrow 4 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 4e^-$ , artinya PEI = 4

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 4 dan PEB = 0 adalah tetrahedral.



● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : N  $\rightarrow$  elektron valensi = 5

Atom lain :  $3\text{H} \rightarrow 3 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 3e^-$ , artinya PEI = 3

Sisa elektron = 2 (1 pasang), artinya PEB = 1

Bentuk molekul dengan PEI = 3 dan PEB = 1 adalah segitiga piramida/ trigonal piramidal.

e.  $\text{H}_2\text{O}$

● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : O → elektron valensi = 6

Atom lain :  $2\text{H} \rightarrow 2 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 2e^-$ , artinya PEI = 2

Sisa elektron = 4 (2 pasang), artinya PEB = 2

Bentuk molekul dengan PEI = 2 dan PEB = 2 adalah huruf V.

f.  $\text{PCl}_5$

● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : P → elektron valensi = 5

Atom lain :  $5\text{Cl} \rightarrow 5 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 5e^-$ , artinya PEI = 5

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 5 dan PEB = 0 adalah segitiga bipiramida/ trigonal bipiramidal.

g.  $\text{SF}_6$

● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : S → elektron valensi = 6

Atom lain :  $6\text{F} \rightarrow 6 \times \text{in } 1e^- = \text{in } 6e^-$ , artinya PEI = 6

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 6 dan PEB = 0 adalah oktahedral.

h.  $\text{CO}_2$

● Super "Solusi Quipper" ●

Atom pusat : C → elektron valensi = 4

Atom lain :  $2\text{O} \rightarrow 2 \times \text{in } 1e^- = 4e^-$ , artinya PEI = 2 (karena atom pusat C hanya mengikat 2 atom O)

Sisa elektron = 0, artinya PEB = 0

Bentuk molekul dengan PEI = 2 dan PEB = 0 adalah linear.

## B. Tipe Molekul

Tipe molekul adalah suatu notasi yang menyatakan jumlah domain (pasangan elektron) di sekitar atom pusat dari suatu molekul. Susunan tipe molekul adalah sebagai berikut.



### Keterangan:

A = atom pusat;

X = pasangan elektron ikatan (PEI);

$n$  = jumlah PEI;

E = pasangan elektron bebas (PEB); dan

$m$  = jumlah PEB.

### Contoh:

1.  $BCl_3$  memiliki PEI = 3 dan PEB = 0, sehingga tipe molekulnya  $AX_3$ .
2.  $CH_4$  memiliki PEI = 4 dan PEB = 0, sehingga tipe molekulnya  $AX_4$ .
3.  $NH_3$  memiliki PEI = 3 dan PEB = 1, sehingga tipe molekulnya  $AX_3E$ .
4.  $H_2O$  memiliki PEI = 2 dan PEB = 2, sehingga tipe molekulnya  $AX_2E_2$ .
5.  $SF_6$  memiliki PEI = 6 dan PEB = 0, sehingga tipe molekulnya  $AX_6$ .
6.  $PCl_5$  memiliki PEI = 5 dan PEB = 0, sehingga tipe molekulnya  $AX_5$ .

Senyawa yang memiliki PEB akan bersifat polar, sedangkan senyawa yang tidak memiliki PEB akan bersifat nonpolar.

## C. Hibridisasi

Hibridisasi adalah proses penggabungan orbital-orbital atom pusat dengan orbital atom lainnya membentuk orbital hibrida. Dengan menggunakan konsep orbital hibrida, keterkaitan antara bentuk orbital dan bentuk molekul dapat dijelaskan. Orbital hibrida terdiri atas orbital hibrida  $sp$  yang mempunyai bentuk linear, orbital hibrida  $sp^2$  yang mempunyai bentuk segitiga datar, orbital hibrida  $sp^3$  yang mempunyai bentuk tetrahedral (kecuali untuk kasus tertentu dapat membentuk trigonal piramida dan huruf V), orbital hibrida  $sp^3d$  yang mempunyai bentuk segitiga bipiramida, dan  $sp^3d^2$  yang mempunyai bentuk oktahedral.

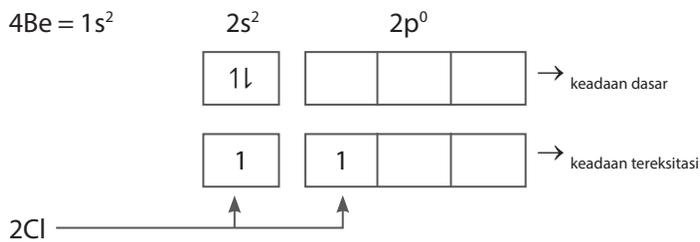
## 1. Menentukan Hibridisasi Dengan Cara BIASA

Langkah-langkah untuk menentukan hibridisasi dengan cara BIASA adalah sebagai berikut.

- Gambarkan diagram orbital elektron valensi atom pusat pada keadaan dasar.
- Gambarkan diagram orbital dalam keadaan tereksitasi agar dapat berpasangan dengan elektron atom lain.
- Tentukan orbital hibrida (orbital baru) dengan memperhatikan orbital-orbital yang terlibat.

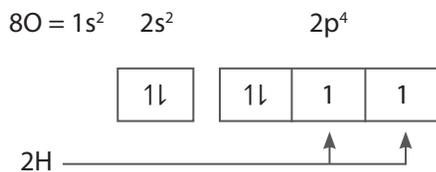
### Contoh:

a.  $\text{BeCl}_2$



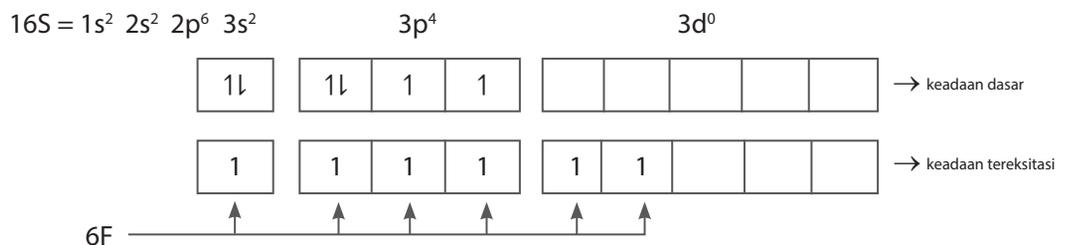
Oleh karena orbital yang terlibat adalah satu orbital s dan satu orbital p, maka jenis hibridisasinya adalah  $sp$ .

b.  $\text{H}_2\text{O}$



Oleh karena orbital yang terlibat adalah satu orbital s dan tiga orbital p, maka jenis hibridisasinya adalah  $sp^3$ .

c.  $\text{SF}_6$



Oleh karena orbital yang terlibat adalah satu orbital s, tiga orbital p, dan dua orbital d, maka jenis hibridisasinya adalah  $sp^3d^2$ .

## 2. Menentukan Hibridisasi dengan Cara SUPER



### • Super "Solusi Quipper" •

Atom pusat :  $\text{Be} \rightarrow$  elektron valensi = 2 elektron

Atom lain :  $2\text{Cl} \rightarrow 2 \times \text{in } 1e^- = 2$  elektron

Total elektron = 4 elektron = 2 pasang elektron

Oleh karena dihasilkan 2 pasang elektron, maka hibridisasinya  $sp$ .



### • Super "Solusi Quipper" •

Atom pusat :  $\text{N} \rightarrow$  elektron valensi = 5 elektron

Atom lain :  $3\text{H} \rightarrow 3 \times \text{in } 1e^- = 3$  elektron

Total elektron = 8 elektron = 4 pasang elektron

Oleh karena dihasilkan 4 pasang elektron, maka hibridisasinya  $sp^3$ .



### • Super "Solusi Quipper" •

Atom pusat :  $\text{P} \rightarrow$  elektron valensi = 5 elektron

Atom lain :  $5\text{Cl} \rightarrow 5 \times \text{in } 1e^- = 5$  elektron

Total elektron = 10 elektron = 5 pasang elektron

Oleh karena dihasilkan 5 pasang elektron, maka hibridisasinya  $sp^3d$ .



### • Super "Solusi Quipper" •

Atom pusat :  $\text{S} \rightarrow$  elektron valensi = 6 elektron

Atom lain :  $6\text{F} \rightarrow 6 \times \text{in } 1e^- = 6$  elektron

Total elektron = 12 elektron = 6 pasang elektron

Oleh karena dihasilkan 6 pasang elektron, maka hibridisasinya  $sp^3d^2$ .

### Contoh Soal 1

Jika senyawa  $AB_2$  memenuhi kaidah oktet, tentukanlah:

- bentuk molekulnya;
- tipe molekulnya;
- jenis kepolarannya; dan
- hibridisasinya.

#### Pembahasan:

Senyawa  $AB$  memenuhi kaidah oktet. Ini berarti, total pasangan elektron (domain elektron) = 4 pasang.

Oleh karena atom A mengikat 2 atom B, maka diketahui  $PEI = 2$  pasang, sehingga  $PEB = 2$  pasang.

Berdasarkan hal tersebut, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Bentuk molekulnya adalah huruf V, karena memiliki  $PEI = 2$  dan  $PEB = 2$ .
- Tipe molekulnya adalah  $AX_2E_2$ , karena memiliki  $PEI = 2$  dan  $PEB = 2$ .
- Jenisnya adalah polar, karena memiliki PEB.
- Hibridisasinya adalah  $sp^3$ , karena total pasangan elektronnya =  $PEI + PEB = 2 + 2 = 4$ .

### Contoh Soal 2

Jika senyawa  $AB_3$  tidak memiliki momen dipol, tentukanlah:

- bentuk molekulnya;
- tipe molekulnya;
- jenis kepolarannya; dan
- hibridisasinya.

#### Pembahasan:

Senyawa  $AB_3$  tidak memiliki momen dipol. Ini berarti, senyawa  $AB_3$  bersifat nonpolar atau  $PEB = 0$ .

Oleh karena atom pusat A mengikat 3 atom B, maka diketahui  $PEI = 3$ .

Berdasarkan hal tersebut, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Bentuk molekulnya adalah segitiga datar/ trigonal planar, karena memiliki  $PEI = 3$  dan  $PEB = 0$ .
- Tipe molekulnya adalah  $AX_3$ , karena memiliki  $PEI = 3$  dan  $PEB = 0$ .
- Jenisnya adalah nonpolar, karena tidak memiliki PEB.
- Hibridisasinya adalah  $sp^2$ , karena total pasangan elektronnya =  $PEI + PEB = 3 + 0 = 3$ .