

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

BENTUK MOLEKUL BERDASARKAN TEORI VSEPR DAN TEORI DOMAIN ELEKTRON

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran secara mandiri pada modul ini, siswa dapat :

1. Menerapkan teori VSEPR untuk memperkirakan bentuk molekul suatu senyawa.
2. Menentukan rumus/Tipe molekul berdasarkan jumlah PEI/PEB.

B. Uraian Materi

1. Teori Valence Shell Electron Pair of Repulsion (VSEPR) dan Teori Domain Elektron.

Teori VSEPR adalah teori yang menggambarkan bentuk molekul berdasarkan kepada tolakan pasangan electron disekitar atom pusat. Teori tolakan pasangan elektron ini dikenal dengan istilah VSEPR (Valence Shell Electron Pair of Repulsion).

Bentuk molekul didasarkan kepada jumlah electron yang saling tolak-menolak disekitar atom pusat yang akan menempati tempat sejauh mungkin untuk meminimumkan tolakan.

Teori VSEPR merupakan penjabaran sederhana dari rumus Lewis yang berguna untuk memprediksi bentuk molekul poliatom berdasarkan struktur Lewis-nya. Teori VSEPR pertama kali dikembangkan oleh Nevil Sidgwick dan Herbet Powel pada tahun 1940, dan dikembangkan lebih lanjut oleh Ronald Gillespie dan Ronald Nyholm.

Ide dasar teori VSEPR adalah adanya tolakan antara pasangan elektron sehingga pasangan elektron tersebut akan menempatkan diri pada posisi sejauh mungkin dari pasangan elektron lainnya. Posisi pasangan elektron satu dengan yang lain yang semakin berjauhan akan menyebabkan tolakan antar mereka menjadi semakin kecil. Pada posisi yang paling jauh yang dapat dicapai, tolakan antar pasangan elektron menjadi minimal. Tolakan antar pasangan elektron terjadi antara pasangan elektron bebas yang terlokalisasi pada atom pusat dan elektron ikatan secara ikatan koordinasi. Teori VSEPR mengasumsikan bahwa masing-masing molekul akan mencapai geometri tertentu sehingga tolakan pasangan antarelektro di kulit valensi menjadi minimal.

Teori Domain Elektron

Menurut Ralph H. Petrucci (1985), teori Domain Elektron merupakan penyempurnaan dari teori VSEPR. Teori ini adalah suatu cara meramalkan bentuk molekul berdasarkan tolak menolak elektron-elektron pada kulit luar atom pusat. Domain elektron berarti kedudukan elektron atau daerah keberadaan elektron. Jumlah domain elektron ditentukan sebagai berikut:

- a. Setiap elektron ikatan (apakah ikatan tunggal, rangkap atau rangkap tiga) merupakan 1 domain.
- b. Setiap pasangan elektron bebas merupakan 1 domain.

Contoh :

Tentukan domain elektron atom pusat pada beberapa senyawa : H_2O , CO_2 dan SO_2 !
Pembahasan :

- Gambarkan struktur lewis masing-masing senyawa
- Setiap satu elektron ikatan (tunggal, rangkap dua maupun rangkap tiga merupakan satu domain
- Setiap pasangan elektron bebas merupakan satu domain

Sehingga jumlah domainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.6-1. Contoh Penentuan Domain Elektron

No	Senyawa	Struktur Lewis	Jumlah Domain Elektron
1	H ₂ O		4
2	CO ₂		2
3	SO ₂		3

Penjelasan :

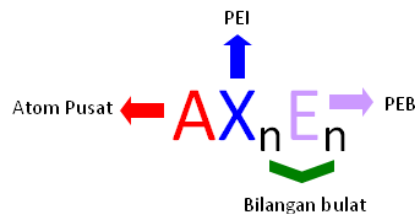
1. Pada struktur lewis H₂O atom pusat O dikelilingi oleh 4 PEI sehingga jumlah domain elektron = 4
2. Pada struktur lewis CO₂ atom pusat C dikelilingi oleh 2 ikatan rangkap, sehingga domain elektron = 2
3. Pada struktur lewis SO₂ atom pusat S dikelilingi oleh dua ikatan rangkap, ikatan tunggal dan 1 PEB, sehingga jumlah domain elektron = 3

Teori domain elektron mempunyai prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

- a. Antar domain elektron pada kulit luar atom pusat saling tolak-menolak sehingga domain elektron akan mengatur diri (mengambil formasi) sedemikian rupa, sehingga tolak-menolak di antaranya menjadi minimum.
- b. Urutan kekuatan tolak-menolak di antara domain elektron adalah:
Tolakan antar domain elektron bebas > tolakan antara domain elektron bebas dengan domain elektron ikatan > tolakan antara domain elektron ikatan.
- c. Bentuk molekul hanya ditentukan oleh pasangan elektron ikatan.

2. Rumus/Tipe Molekul

Rumusan tipe molekul dapat ditulis dengan lambang AX_nE_m (jumlah pasangan electron), pasangan elektron ikatan (PEI) dan pasangan elektron bebas (PEB)



dimana :

- A : Atom pusat
 X : Jumlah pasangan elektron ikatan (PEI)
 E : jumlah pasangan elektron bebas (PEB)

Catatan:

- a. ikatan rangkap dua atau rangkap tiga dihitung satu pasang electron ikatan
- b. tolakan antara PEB-PEB > PEB-PEI > PEI-PEI

c. PEI menentukan bentuk molekul, PEB mempengaruhi besar sudut ikatan

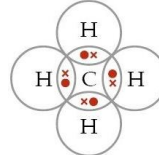
Langkah-langkah memprediksi bentuk molekul dengan teori VSEPR

- Tentukan struktur lewis dari rumus molekul
- Tentukan jumlah PEB dan PEI atom pusat
- Tentukan tipe/rumus molekulnya
- Gambar bentuk molekul dan beri nama sesuai dengan jumlah PEI dan PEB

Contoh :

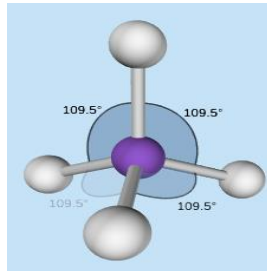
1. Senyawa metana, CH_4

Struktur lewisnya dapat digambarkan sebagai berikut.



Dari struktur lewisnya, bahwa atom pusat, C memiliki empat pasangan elektron ikatan (PEI) dan tidak memiliki pasangan elektron bebas (PEB), sehingga tipe molekulnya adalah AX_4 .

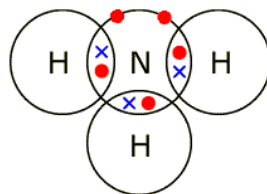
Pasangan elektron ikatan akan menempati posisi dimana tolakan sekecil mungkin, sehingga posisi PEI antara satu dengan yang lain menjadi sama jaraknya dan menghasilkan sudut antara H - C - H yang sama besarnya, sehingga berdasarkan rumus/tipe molekulnya, CH_4 memiliki bentuk tetrahedral seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 3.6-1. Bentuk molekul CH_4

2. Senyawa amonia, NH_3

Struktur lewis NH_3 adalah sebagai berikut :



Pembahasan :

Atom pusat adalah N mempunyai elektron valensi 5

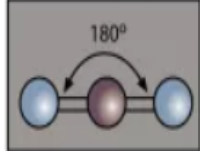
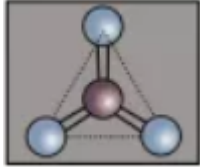
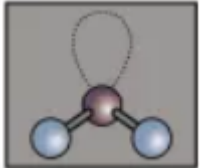
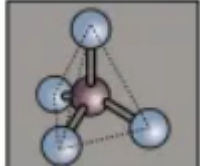
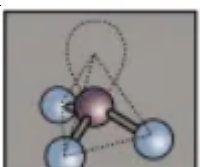
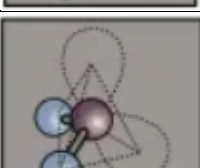
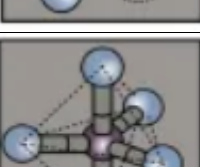
Pasangan Elektron ikatan (X) = 3

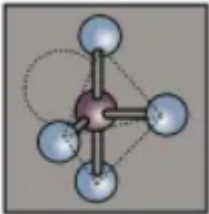
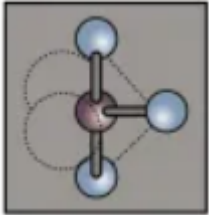
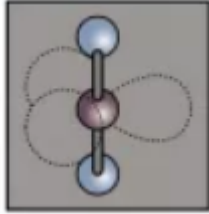
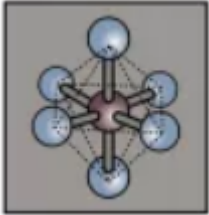
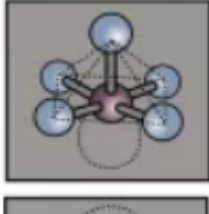
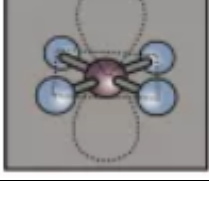
Pasangan Elektron Bebas E = $(5-3)/2 = 1$

Bentuk molekul AX_3E bentuk molekulnya piramida segitiga

Dengan menggunakan teori VSEPR maka kita dapat meramalkan bentuk geometri suatu molekul, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.6-2. Hubungan antara jumlah PEI, PEB, tipe molekul dan bentuk molekul

Jumlah Pasangan Elektron Ikatan (X)	Jumlah Pasangan Elektron Bebas (E)	Rumus (AX_nE_m)	Bentuk Molekul	Gambar	Contoh
2	0	AX_2	Linear		CO_2
3	0	AX_3	Trigonal planar		BCl_3
2	1	AX_2E	Bengkok		SO_2
4	0	AX_4	Tetrahedron		CH_4
3	1	AX_3E	Piramida trigonal		NH_3
2	2	AX_2E_2	Planar bentuk V		H_2O
5	0	AX_5	Bipiramida trigonal		PCl_5

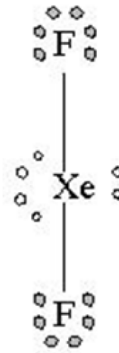
Jumlah Pasangan Elektron Ikatan (X)	Jumlah Pasangan Elektron Bebas (E)	Rumus (AX_nE_m)	Bentuk Molekul	Gambar	Contoh
4	1	AX_4E	Bipiramida trigonal		SF_4
3	2	AX_3E_2	Planar bentuk T		ClF_3
2	3	AX_2E_3	Linear		XeF_2
6	0	AX_6	Oktahedron		SF_6
5	1	AX_5E	Piramida sisiempat		IF_5
4	2	AX_4E_2	Sisiempat datar		XeF_4

Dalam modul ini maka akan di contohkan menentukan bentuk geometri molekul XeF_2 , XeF_4 , dan XeF_6 . Diantara molekul-molekul tersebut ada yang memiliki pasangan elektron bebas dan ada yang tidak, jadi molekul-molekul tersebut adalah contoh yang bagus untuk lebih memahami teori VSEPR.

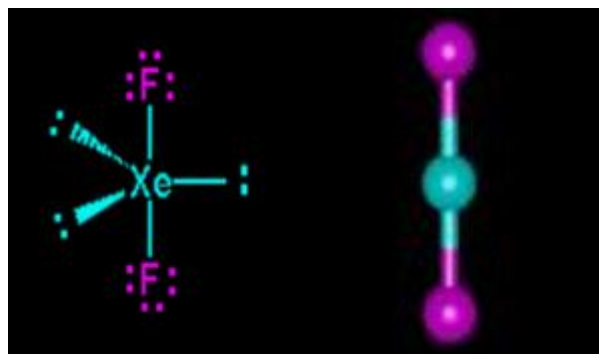
Pertama kita harus menentukan struktur lewis masing-masing molekul. Xe memiliki jumlah elektron valensi 8 sedangkan F elektron valensinya adalah 7 (lihat gambar dibawah).



Struktur Lewis XeF_2 seperti gambar di bawah, dua elektron Xe masing-masing dipakai untuk berikatan secara kovalen dengan 2 atom F sehingga meninggalkan 3 pasangan elektron bebas pada atom pusat Xe. Hal yang sama terjadi pada molekul XeF_4 dimana 4 elektron Xe dipakai untuk berikatan dengan 4 elektron dari 4 atom F, sehingga meninggalkan 2 pasangan elektron bebas pada atom pusat Xe.



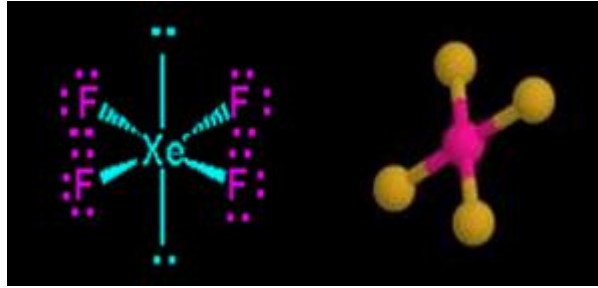
Lihat gambar diatas XeF_2 memiliki 2 pasangan elektron ikatan (PEI) dan 3 pasangan elektron bebas (PEB) jadi total ada 5 pasangan elektron yang terdapat pada XeF_2 , hal ini menandakan bahwa geometri molekul atau kerangka dasar molekul XeF_2 adalah trigonal bipiramid. Karena terdapat 3 PEB maka PEB ini masing masing akan menempati posisi ekuatorial pada kerangka trigonal bipiramid, sedangkan PEI akan menempati posisi aksial yaitu pada bagian atas dan bawah. Posisi inilah posisi yang stabil apabila terdapat atom dengan 2 PET dan 3 PEB sehingga menghasilkan bentuk molekul linear. Jadi bentuk molekul XeF_2 adalah linier. (lihat gambar dibawah).



Gambar 3.6-2. Bentuk Molekul XeF_2

Lihat gambar struktur lewis XeF_4 memiliki 4 pasangan elektron terikat (PEI) dan 2 pasangan elektron bebas (PEB) jadi total ada 6 pasangan elektron yang terdapat pada XeF_4 , hal ini menandakan bahwa geometri molekul atau kerangka dasar molekul XeF_4 adalah oktahedral. Karena terdapat 2 PEB maka PEB ini masing masing akan menempati posisi aksial pada kerangka oktahedral, sedangkan PEI akan menempati posisi ekuatorial. Posisi inilah posisi yang stabil apabila terdapat atom dengan 4 PET dan 2 PEB sehingga menghasilkan bentuk molekul yang

disebut segiempat planar. Jadi bentuk molekul XeF_2 adalah segiempat planar. (lihat gambar dibawah).



Gambar 3.6-3. Bentuk Molekul XeF_4

C. Rangkuman

1. Teori yang sederhana untuk menjelaskan bentuk molekul yang mengandung ikatan pasangan elektron adalah teori tolakan pasangan elektron dalam kulit valensi atau teori VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion). Menurut teori ini, bangun suatu molekul ditentukan oleh pasangan elektron yang terdapat dalam kulit valensi atom pusat.
2. Molekul kovalen terdapat pasangan-pasangan elektron baik PEI maupun PEB. Karena pasangan-pasangan elektron mempunyai muatan sejenis, maka tolak-menolak antarpasangan elektron. Tolakan (PEB – PEB) > tolakan (PEB – PEI) > tolakan (PEI – PEI).
3. Teori Domain Elektron adalah penyempurnaan dari teori VSEPR. Domain elektron artinya kedudukan suatu elektron atau daerah keberadaan elektron, dapat ditentukan dengan jumlah domain sebagai berikut: Setiap elektron ikatan (ikatan tunggal, rangkap 2, atau rangkap 3) mempunyai 1 domain.

D. Penugasan Mandiri

1. Uraikan apa yang Anda ketahui tentang teori Valence Shell Electron Pair of Repulsion (VSEPR)!
2. Bagaimana urutan kekuatan tolakan PEI dan PEB?
3. Apa saja prinsip dari teori Domain elektron?
4. Senyawa CH_4 , NH_3 dan H_2O sama-sama memiliki 4 pasang elektron, tetapi berbeda bentuk molekul dan besar sudut ikatannya. Uraikan faktor penyebabnya!
5. Mengapa molekul CH_4 berbentuk simetris?
6. Uraikan langkah-langkah dalam menentukan tipe/rumus molekul poliatom!
7. Dari senyawa berikut tentukan rumus/tipe molekul dan bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR!
 - a. CCl_4
 - b. PCl_3

E. Latihan Soal

1. Unsur P ($Z = 15$) bersenyawa dengan unsur Cl ($Z = 17$) membentuk PCl_3 . Banyaknya pasangan elektron bebas pada atom pusat dalam senyawa PCl_3 adalah
 - A. 0
 - B. 1
 - C. 2

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 MENGGAMBARKAN BENTUK MOLEKUL

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran secara mandiri pada modul ini, siswa dapat :

1. Menggambarkan bentuk molekul senyawa kovalen poliatom berdasarkan teori VSEPR

B. Uraian Materi

1. Menggambarkan Bentuk Molekul Senyawa Kovalen

Langkah-langkah menggambarkan bentuk molekul senyawa kovalen poliatom

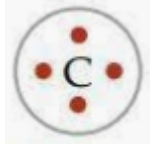
- a. Membuat konfigurasi elektron masing-masing unsur dari nomor atomnya.
- b. Mengetahui elektron valensi masing-masing unsur dari konfigurasinya.
- c. Membuat struktur Lewisnya.
- d. Menentukan domain elektron (PEI dan PEB) pada atom pusat.
- e. membuat notasi VSEPR.
- f. Menggambarkan bentuk molekulnya.

Contoh :

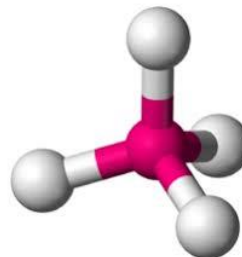
- a. Gambarkan bentuk molekul dari CH_4

Pembahasan :

- 1) Atom pusat adalah C memiliki nomor atom 6, dengan konfigurasi elektronnya : $1s^2 2s^2 2p^2$
- 2) Atom pusat C mempunyai elektron valensi 4
- 3) Struktur lewis dari atom pusat C yaitu :



- 4) Pasangan elektron ikatan (X) = 4, atom C menggunakan empat elektronnya untuk membentuk ikatan dengan empat H, sehingga PEI = 4
- 5) Pasangan Elektron Bebas E = (Elektron Valensi - PEI)/2 = (4 - 4)/2 = 0
- 6) Tipe molekulnya AX_4 .
- 7) Bentuk molekulnya adalah tetrahedral



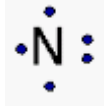
Gambar 3.6-4. Bentuk Molekul CH_4

Catatan : dengan adanya PEB yang akan menolak PEI menjadikan sudut ikatan 109° .

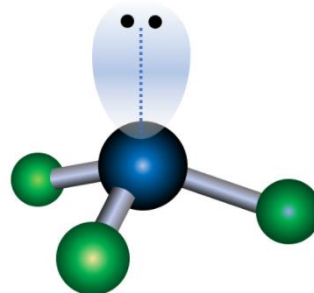
b. Gambarkan bentuk molekul dari NI_3

Pembahasan :

- 1) Atom pusat adalah N memiliki nomor atom 7, dengan konfigurasi elektronnya : $1s^2 2s^2 2p^3$
- 2) Atom pusat N mempunyai elektron valensi 5
- 3) Struktur lewis dari atom pusat N yaitu



- 4) Pasangan Elektron ikatan (X) = 3, atom N menggunakan tiga elektronnya untuk membentuk ikatan dengan tiga atom I, sehingga $\text{PEI} = 3$
- 5) Pasangan Elektron Bebas $E = (\text{Elektron Valensi} - \text{PEI})/2 = (5 - 3)/2 = 1$
- 6) Tipe molekulnya AX_3E .
- 7) Bentuk molekulnya adalah trigonal piramidal



Gambar 3.6-5. Bentuk Molekul NH_3

Catatan : dengan adanya PEB yang akan menolak PEI menjadikan sudut ikatan 107°

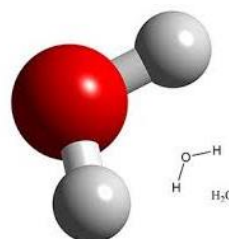
c. Gambarkan bentuk molekul dari H_2O .

Pembahasan :

- 1) Atom pusat adalah O memiliki nomor atom 8, dengan konfigurasi elektronnya : $1s^2 2s^2 2p^4$
- 2) Atom pusat O mempunyai elektron valensi 6
- 3) Struktur lewis dari atom pusat O yaitu :



- 4) Pasangan elektron ikatan (X) = 2, atom O menggunakan dua elektronnya untuk membentuk ikatan dengan dua atom H, sehingga $\text{PEI} = 2$
- 5) Pasangan Elektron Bebas $E = (\text{Elektron Valensi} - \text{PEI})/2 = (6 - 2)/2 = 2$
- 6) Tipe molekulnya AX_2E_2
- 7) Bentuk molekulnya adalah planar bentuk V (bengkok).



Gambar 3.6-6. Bentuk Molekul H_2O

Catatan : dengan adanya 2 buah PEB yang akan menolak PEI menjadikan sudut ikatan 104°

Dari tiga contoh bentuk molekul senyawa kovalen poliatom di atas semua atom pusatnya memiliki empat pasangan elektron (PEI dan PEB) tetapi memiliki bentuk molekul, besar sudut ikatan dan sifat kepolaran berbeda, mengapa hal ini bisa terjadi?

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, mari kita perhatikan jumlah PEI dan PEB ketiga molekul senyawa kovalen di atas,

- 1) molekul CH_4 memiliki PEI = 4 dan PEB = 0
- 2) molekul NH_3 memiliki PEI = 3 dan PEB = 1
- 3) molekul H_2O memiliki PEI = 2 dan PEB = 2

Seperti kita ketahui bahwa bentuk molekul suatu senyawa dipengaruhi oleh jumlah PEI dan PEB, semakin banyak jumlah PEB yang dimiliki oleh senyawa tersebut semakin kecil sudut ikatannya, $\text{CH}_4 = 109^\circ$, $\text{NH}_3 = 107^\circ$ dan $\text{H}_2\text{O} = 104^\circ$ karena pengaruh tolakan $\text{PEB} > \text{PEI}$. Begitu juga terhadap sifat kepolaran, semakin banyak jumlah PEB suatu senyawa, semakin polar senyawa tersebut, sehingga urutan kepolaran senyawa tersebut dari yang paling rendah ke yang paling tinggi adalah : $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$.

C. Rangkuman

1. Langkah-langkah menggambarkan bentuk molekul senyawa kovalen poliatom
 - a. Buat konfigurasi elektron masing-masing unsur dari Nomor Atomnya
 - b. Ketahui elektron valensi masing-masing unsur dari konfigurasinya
 - c. Buat struktur Lewisnya
 - d. Tentukan domain elektron (PEI dan PEB) pada atom pusat
 - e. Buat notasi VSEPR
 - f. Gambarkan bentuk molekulnya

D. Penugasan Mandiri

1. Diketahui nomor atom P = 15 dan nomor atom Cl = 17, bila kedua atom berikatan membentuk molekul PCl_3 dan PCl_5
 - a. Buatlah langkah-langkah untuk menggambarkan bentuk molekul PCl_3 dan PCl_5
 - b. Gambarkan bentuk molekul PCl_3 dan PCl_5
 - c. Bandingkan bentuk molekul keduanya
2. Perkirakan apakah molekul NCl_3 bersifat polar atau non polar berdasarkan bentuk molekulnya bila diketahui nomor atom N = 7 dan nomor atom Cl = 17.
3. Buatlah bentuk-bentuk molekul dengan menggunakan bahan yang ada disekitarmu, misalnya menggunakan balon (untuk PEI ukuran balonnya lebih kecil dari PEB).

E. Latihan Soal

1. Bila diketahui atom Boron = 5 dan nomor atom Cl = 17 membentuk molekul BCl_3 , maka jumlah PEI, PEB dan bentuk molekul secara berturut-turut adalah....

	Jumlah PEI	Jumlah PEB	Bentuk molekul
A	2	0	Linear
B	2	1	Bersudut
C	3	0	Segitiga planar
D	3	1	Segitiga piramid
E	2	2	tetrahedral