

**MAKALAH PENGABDIAN PADA MASYARAKAT**

**TEORI TOLAKAN PASANGAN ELEKTRON VALENSI**



**Oleh :**

**M. PRANJOTO UTOMO**

**Makalah ini disampaikan pada kegiatan:**

**“Pembinaan Intensif bagi Calon Peserta Olimpiade Sains Nasional  
Tahun 2007”**

**Di UGM dan UNY Yogyakarta  
Pada tanggal 13 – 28 Agustus 2007**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2007**

# TEORI TOLAKAN PASANGAN ELEKTRON VALENSI <sup>1</sup>

Oleh: M . Pranjoto Utomo <sup>2</sup>

## Pendahuluan

Teori tolakan antara pasangan elektron (*VSEPR, Valence Shell Electron Pair Repulsion*), merupakan penjabaran sederhana dari rumusan Lewis yang berguna untuk memprediksikan 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 non-ikat yang terlokalisasi pada atom pusat dan elektron ikat secara ikatan koordinasi. Pasangan elektron non-ikat suatu atom tidak digunakan untuk berikatan dengan atom lain, sedangkan pasangan elektron ikat digunakan untuk berikatan dengan atom lain dengan cara pemakaian elektron secara bersama-sama. Teori VSEPR mengasumsikan bahwa masing-masing molekul akan mencapai geometri tertentu sehingga tolakan pasangan antar elektron di kulit valensi menjadi minimal.

Karena ikatan kovalen terbentuk dari pemakaian pasangan elektron secara bersama oleh dua atom yang berikatan, perubahan sudut ikat menyebabkan perubahan posisi relatif pasangan elektron di sekitar atom pusat. Bila dua elektron saling

---

<sup>1</sup> Disampaikan pada acara “Pembinaan Intensif bagi Calon Peserta Olimpiade sains Nasional Tahun 2007” di UGM dan UNY tanggal 13 – 28 Agustus 2007

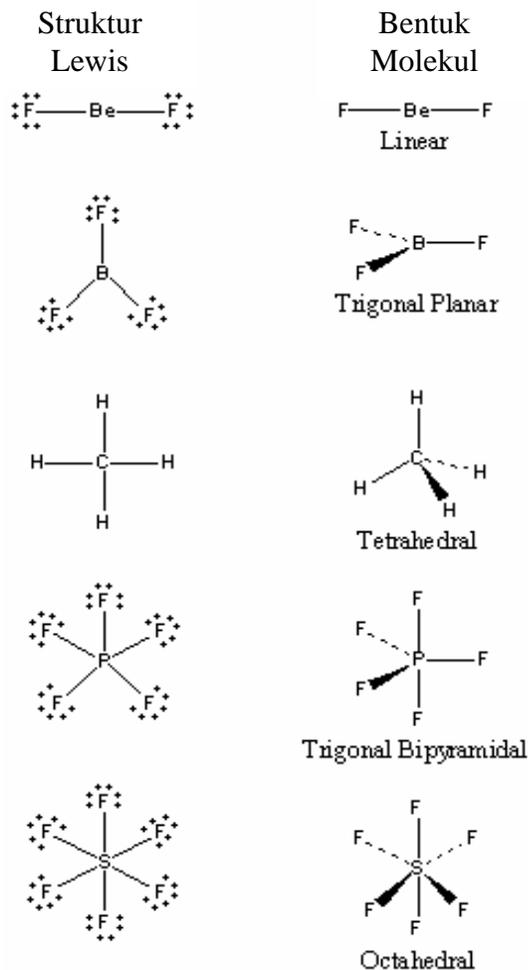
<sup>2</sup> Staf pengajar di Jurdik Kimia FMIPA UNY

mendekat, maka akan terjadi gaya tolak menolak di antara kedua elektron tersebut. Konsekuensinya, dalam terminologi energi, kedua elektron akan saling menjauhi. Teori VSEPR, memaparkan prosedur untuk memprediksi bentuk molekul dengan energi potensial terendah sebagai akibat adanya tolakan pasangan elektron.

## Kajian Tentang VSEPR

### 1. Perkiraan Bentuk Molekul Berdasarkan Teori VSEPR

Teori VSEPR mengasumsikan bahwa setiap atom akan mencapai bentuk dengan tolakan antar elektron yang dalam kulit terluar seminimal mungkin. Aplikasi teori VSEPR pada senyawa sederhana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Lewis dan Bentuk Molekul  $\text{BeF}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{PF}_5$  dan  $\text{SF}_6$

Pada  $\text{BeF}_2$  tidak ada lagi pasangan elektron non-ikat, karena semua elektron dipakai untuk berikatan. Pasangan elektron akan saling menolak satu dengan yang lain. Tolakan antar pasangan elektron minimal bila kedua pasangan elektron menempati posisi yang sejauh mungkin. Berdasar kenyataan tersebut, kedua atom F akan menempati posisi yang saling berseberangan. Teori VSEPR memprediksi bentuk molekul  $\text{BF}_2$  adalah linear dengan sudut ikat F-Be-F  $180^\circ$ .

Ada tiga tempat menemukan elektron di atom pusat ion boron triflorida ( $\text{BF}_3$ ). Tolakan antar pasangan elektron dapat diminimalkan dengan mengatur ketiga pasangan elektron ke ketiga sudut segitiga. VSEPR memprediksi bentuk molekul  $\text{BF}_3$  adalah segitiga datar dengan sudut ikat F-B-F  $120^\circ$ .

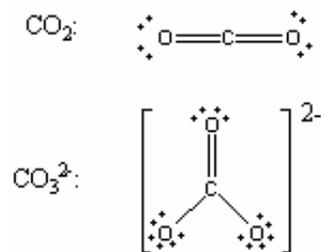
Molekul  $\text{BeF}_2$  dan  $\text{BF}_3$  merupakan molekul dua dimesional, dimana atom-atom berada pada bidang yang sama. Jika metana ( $\text{CH}_4$ ) ditempatkan pada bidang dua dimensi, maka metana akan mengadopsi bentuk molekul segiempat datar dengan sudut ikat H-C-H  $90^\circ$ . Jika metana ditempatkan pada bidang 3 dimensi, metana akan mengadopsi bentuk molekul tetrahedral dengan sudut ikat H-C-H  $109^\circ 28'$

Tolakan antar kelima pasangan elektron di kulit terluar atom belerang dalam molekul  $\text{PF}_5$  dapat diminimalkan dengan cara mendistribusikan elektron-elektron tersebut ke sudut-sudut trigonal bipiramidal. Tiga pasangan elektron dalam trigonal bipiramidal berada di posisi ekuatorial dengan sudut ikat F-S-F sebesar  $120^\circ$ , dan dua pasangan di posisi aksial (posisi yang tegak lurus dengan bidang ekuatorial) dengan sudut ikat F-S-F sebesar  $90^\circ$ .

Terdapat 6 atom F yang terikat secara langsung pada atom pusat  $\text{SF}_6$ . Tolakan antara keenam pasangan elektron tersebut diminimalkan dengan cara mendistribusikan elektron-elektron ke sudut-sudut oktahedron. Istilah oktahedron secara literatur berarti “delapan sisi”, tetapi dalam konteks ini oktahedron diartikan sebagai “bangun yang mempunyai enam sudut”. Untuk menggambarkan bentuk molekul  $\text{SF}_6$ , tempatkan atom-atom F di sisi yang berseberangan sepanjang sumbu X, Y dan Z yang melewati atom S pada sistem koordinat Cartesian.

## 2. Peranan Ikatan Rangkap Dua dan Rangkap Tiga dalam Teori VSEPR

Senyawa yang mengandung ikatan rangkap dua atau tiga, memainkan peranan yang penting pada penentuan bentuk molekul suatu senyawa. Geometri di sekitar atom pusat ditentukan oleh banyaknya tempat ditemukannya pasangan elektron, bukan ditentukan oleh banyaknya pasangan elektron valensi. Struktur Lewis karbondioksida dan ion karbonat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Lewis CO<sub>2</sub> dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

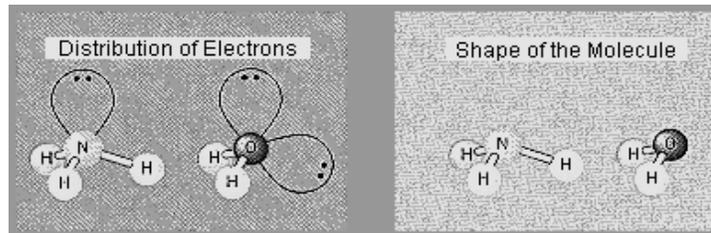
Berdasar Gambar 2, terdapat empat pasangan elektron yang terikat pada atom C dalam molekul CO<sub>2</sub>, tetapi hanya dua tempat dimana elektron dapat ditemukan, yaitu di ujung kiri dan kanan ikatan rangkap C=O. Gaya tolak antar pasangan elektron menjadi minimal apabila kedua ikatan rangkap C=O berada pada posisi yang berseberangan dan letaknya sejauh mungkin. Teori VSEPR memprediksi bentuk molekul CO<sub>2</sub> adalah linear, seperti halnya BeF<sub>2</sub>, dengan sudut ikat 180°.

Berdasar struktur Lewis ion karbonat, terdapat empat pasangan elektron pada atom pusat (atom C). Pasangan elektron tersebut terlokalisasi di tiga tempat, yaitu di dua ikatan tunggal C-O, dan 1 ikatan rangkap dua C=O. Tolakan antar pasangan elektron diminimalkan dengan cara mendistribusikan ketiga atom oksigen ke sudut-sudut segitiga ekuilateral. Berdasarkan hal tersebut dapat diprediksikan bahwa ion karbonat mengadopsi bentuk molekul segitiga datar (trigonal planar), seperti pada BF<sub>3</sub>, dengan sudut ikat 120°.

## 3. Aturan Elektron Non-ikat Pada Teori VSEPR

Elektron valensi pada atom pusat pada NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O didistribusikan ke sudut tetrahedron. Teori VSEPR memprediksikan elektron valensi atom pusat dalam

amonia dan air akan mengarah ke sudut tetrahedron, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi Elektron dan Bentuk Molekul NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O

Karena elektron non-ikat tidak bisa ditempatkan pada posisi yang akurat, prediksi bentuk molekul tidak bisa dilakukan secara langsung. Tetapi hasil yang dikemukakan oleh teori VSEPR dapat digunakan untuk memprediksi posisi atom pusat dalam molekul. Posisi atom pusat ini ditentukan secara eksperimental. Berdasarkan posisi atom pusat amonia, VSEPR memprediksikan bahwa molekul amonia mengadopsi bentuk trigonal bipiramidal, dengan nitrogen berada di puncak piramid. Sedangkan air mengadopsi bentuk bengkok atau menyudut.

Jika teori VSEPR diperluas terhadap molekul yang elektronnya terdistribusi ke sudut trigonal bipiramidal, pertanyaan yang muncul adalah: Elektron non-ikat akan berada pada posisi aksial ataukah ekuatorial? Secara eksperimen, umumnya elektron non-ikat menempati posisi ekuatorial dalam trigonal bipiramidal.

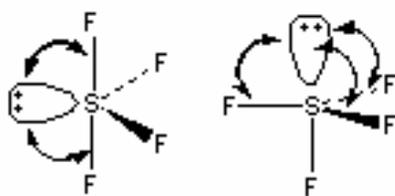
Untuk memahami hal itu, harus ditekankan bahwa elektron non-ikat menempati ruang yang lebih besar dibandingkan elektron ikat. Posisi elektron non-ikat berdekatan dengan salah satu inti atom, dan hal ini yang berkaitan dengan ruang yang ditempati dimana elektron non-ikat menyesuaikan diri dengan ruang yang ada tetapi tetap berdekatan dengan salah satu inti atom.

Keberadaan pasangan elektron non-ikat akan sedikit mengubah situasi pembentukan geometri molekul senyawa. Tiga tipe tolakan yang terjadi, adalah:

- Tolakan antara pasangan elektron ikat dengan pasangan elektron ikat
- Tolakan antara pasangan elektron ikat dengan pasangan elektron non-ikat

- c. Tolakan antara pasangan elektron non-ikat dengan pasangan elektron non-ikat.

Karena elektron non-ikat menempati ruang yang lebih besar, menyebabkan gaya tolak antar elektron non-ikat menjadi relatif besar, gaya tolak antara pasangan elektron non-ikat dengan elektron ikat menjadi lebih kecil dan gaya tolak antar pasangan elektron ikat menjadi jauh lebih kecil. Posisi pasangan elektron non-ikat pada molekul  $\text{SF}_4$  disajikan pada Gambar 4.

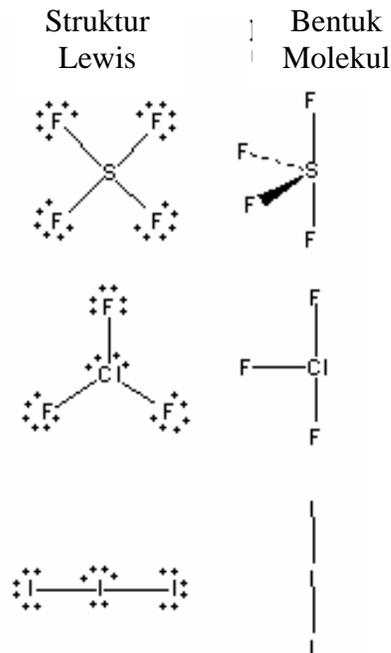


Gambar 4. Posisi Pasangan Elektron Non-ikat Pada Molekul  $\text{SF}_4$

Jika elektron non-ikat pada molekul  $\text{SF}_4$  ditempatkan pada posisi aksial, menyebabkan elektron non-ikat menjadi relatif dekat dengan tiga pasangan elektron ikat yang menempati posisi ekuatorial. Tetapi jika pasangan elektron non-ikat ditempatkan pada posisi ekuatorial, jarak dengan elektron ikat pada posisi aksial menjadi cukup jauh. Hasilnya, jika elektron non-ikat ditempatkan pada posisi ekuatorial, tolakan antara elektron non-ikat dan ikat pada molekul  $\text{SF}_4$  menjadi minimal.

Aplikasi teori VSEPR pada senyawa  $\text{SF}_4$ ,  $\text{ClF}_3$  dan  $\text{I}_3^-$  tersaji pada Gambar 3. Apabila pasangan elektron non-ikat belerang pada molekul  $\text{SF}_4$  ditempatkan di posisi ekuatorial, bentuk molekul yang paling sesuai adalah bentuk jungkat-jungkit (*see-saw*). Tolakan antar pasangan elektron di kulit valensi atom klor dalam  $\text{ClF}_3$  dapat diminimalkan dengan menempatkan kedua pasangan non-ikat dalam trigonal bipiramidal di posisi ekuatorial. Hal ini menyebabkan bentuk paling baik yang diadopsi  $\text{ClF}_3$  adalah bentuk T. Struktur Lewis dari ion triiodida ( $\text{I}_3^-$ ) memprediksi distribusi elektron valensi atom pusat dalam trigonal bipiramidal. Bila tiga pasangan elektron non-ikat ditempatkan di posisi ekuatorial, akan didapatkan bentuk linear.

Bentuk molekul didasarkan pada distribusi elektron valensi pada bidang oktahedron sehingga lebih mudah digunakan untuk memprediksikan bentuk molekul karena semua sudut oktahedron adalah identik



Gambar 3. Struktur Lewis dan Bentuk Molekul  $\text{SF}_4$ ,  $\text{ClF}_3$  dan  $\text{I}_3^-$

#### 4. Bilangan Sterik

Penentuan bentuk molekul yang diadopsi oleh suatu senyawa dapat dilakukan dengan cara menentukan bilangan sterik (*steric number, SN*) atom pusat. Bilangan sterik (SN) didefinisikan sebagai penjumlahan atom yang terikat pada atom pusat dan jumlah pasangan elektron non-ikat.

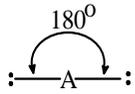
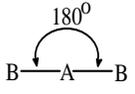
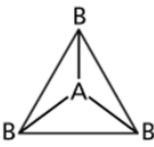
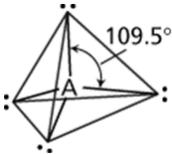
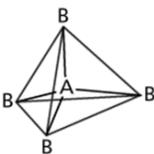
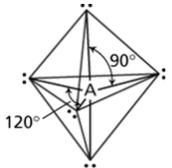
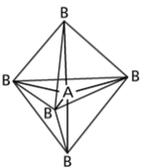
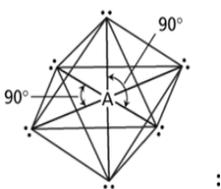
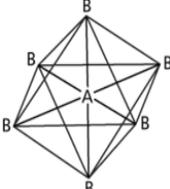
$$\text{SN} = \begin{array}{c} \text{jumlah atom yang terikat} \\ \text{pada atom pusat} \end{array} + \begin{array}{c} \text{jumlah pasangan elektron non-ikat} \\ \text{pada atom pusat} \end{array}$$

Bilangan sterik molekul ditentukan berdasarkan struktur Lewis senyawa yang bersangkutan. Apabila pada senyawa  $\text{AB}_n$ , dengan n adalah atom yang terikat pada atom pusat, tidak terdapat pasangan elektron non-ikat, maka bilangan sterik atom pusat sama dengan jumlah atom yang terikat pada atom pusat, yaitu n.

Ikatan rangkap dua dan tiga dalam penentuan bilangan sterik dihitung sama dengan ikatan tunggal. Misalnya pada molekul  $\text{CO}_2$ , terdapat dua ikatan rangkap dua dari atom oksigen yang terikat pada atom pusat C, sehingga tidak ada lagi pasangan elektron non-ikat pada atom C. Maka bilangan sterik  $\text{CO}_2$  adalah 2.

Pengaturan posisi yang meminimalkan tolakan secara alami tergantung pada jumlah pasangan elektron. Jumlah atom yang terikat pada atom pusat, jumlah pasangan elektron, struktur Lewis dan bentuk molekul yang memberikan energi potensial minimum disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Jumlah Atom yang Terikat pada Atom Pusat dengan Pengaturan Elektron dan Bentuk Molekul

Jumlah atom yang terikat pada atom pusat	Pengaturan pasangan elektron	Bentuk molekul
2		
3		
4		
5		
6		

## **Penutup**

Teori VSEPR digunakan untuk memprediksi bentuk molekul suatu senyawa dengan mempertimbangkan:

- jumlah atom yang terikat pada atom pusat
- jumlah pasangan elektron non-ikat,
- ikatan rangkap dua dan rangkap tiga.

## **Daftar Pustaka**

<http://chemed.chem.purdue.edu/>

Kotz., John.C, Purcel, K.F., 1987, *Chemistry and Chemical Reactivity*, Saunders College Publishing, New York, USA

Shriver, D.F., Langford, C.H., Atkins, P.W., 1990, *Inorganic Chemistry*, Oxford University Press, New York, USA