

MAKALAH PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

TINJAUAN BENTUK MOLEKUL BERDASARKAN DOMAIN

ELEKTRON PADA TEORI VSEPR



Oleh :
M. PRANJOTO UTOMO

Makalah ini disampaikan pada kegiatan:
“Pembekalan Calon Peserta Seleksi Olimpiade Sains Tingkat Nasional”
Di Graha Betika Yogyakarta
Pada tanggal 21 Juli – 2 Agustus 2008

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2008

TINJAUAN BENTUK MOLEKUL BERDASARKAN DOMAIN ELEKTRON PADA TEORI VSEPR ¹

Oleh: M. Pranjoto Utomo ²

Pendahuluan

Teori tolakan antar pasangan elektron (*VSEPR, Valence Shell Elektron Pair Repulsion*) merupakan teori yang membicarakan gagasan bahwa electron-elektron akan saling menolak satu dengan yang lain dan elektron-elektron tersebut akan menempati posisi sejauh mungkin satu dengan yang lain. Teori VSEPR banyak menjelaskan tentang bentuk dan struktur molekul, tetapi tidak semua hal tentang molekul dapat dijelaskan dengan Teori VSEPR.

Elektron, baik dalam keadaan berpasangan atau tidak, terikat pada atom pusat dalam suatu molekul dan dapat berputar dengan bebas di permukaan atom menjauhi elektron lain. Elektron dalam molekul bisa berupa:

- Pasangan elektron ikat

Merupakan sepasang elektron yang terlibat dalam ikatan dan dituliskan sebagai titik dua (:) di antara dua atom. Pasangan elektron ikat dapat ditemukan pada ikatan tunggal, rangkap dua atau tiga.

- Pasangan elektron nonikat

Merupakan pasangan elektron yang lebih nyata, tidak terlibat dalam pembentukan ikatan

- Elektron tunggal

Dalam hampir semua kasus, elektron tunggal merupakan elektron nonikat.

Istilah-istilah yang digunakan dalam teori VSEPR pada bahasan ini, dan biasanya dipakai berulang-ulang, adalah:

¹ Disampaikan pada acara “Pembekalan Calon Peserta Seleksi Olimpiade Sains Tingkat Nasional” di Graha Betika Yogyakarta pada tanggal 21 Juli – 2 Agustus 2008

² Staf pengajar di Jurdik Kimia FMIPA UNY

- A: melambangkan atom pusat suatu molekul (fokus dari pembicaraan tentang molekul)
- X: melambangkan ligan atau atom yang terikat oleh atom pusat. Tidak ada perbedaan lambang untuk molekul yang berbeda. Misalnya AX₄ bisa melambangkan CH₄ maupun CCl₄
- E : melambangkan pasangan elektron nonikat
- e : melambangkan elektron nonikat tunggal

Domain elektron atau domain merupakan istilah untuk menyatakan suatu area tempat ditemukannya elektron. Tidak masalah berapa banyak elektron yang ada (dari satu sampai enam), hal ini masih merupakan suatu domain. Domain dengan 6 elektron di dalamnya, tentu saja lebih besar (dan tolakan antar elektron pun lebih besar) dibandingkan domain dengan satu elektron. Hal ini merupakan hal penting dalam bahasan Teori VSEPR. Semakin banyak elektron dalam suatu domain, tolakan antar elektron akan semakin besar dan akan mendorong domain lain menjauh, jika semua domain mempunyai kekuatan yang sama. Yang harus diingat bahwa domain terikat pada atom pusat dan akan berputar sehingga jarak antar domain sejauh mungkin. Hal lain yang juga penting untuk diperhatikan adalah elektronegativitas unsur memegang peranan penting dalam pembentukan ikatan suatu molekul. Misalnya unsur yang kurang elektronegatif akan menjadi atom pusat dalam molekul. Semakin tinggi elektronegativitas suatu unsur, semakin kuat ikatan dari elektron ikat.

Rangkuman domain dengan jumlah elektron di dalamnya tiga sampai dengan enam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Jumlah Domain Dengan Bentuk Molekul

Jumlah domain	Pengaturan domain	Rumus molekul secara umum	Bentuk molekul	Contoh
3	Segitiga datar (domain 3)	AX_3	Segitiga datar	BCl_3 , $AlCl_3$,
		AX_2E	Menyudut	$SnCl_2$
4	Tetrahedral (domain 4)	AX_4	Tetrahedral	CH_4 , $SiCl_4$
		AX_3E	Trigonal bipiramidal	NH_3 , PCl_3
		AX_2E_2	Menyudut	H_2O , SCl_2
5	Trigonal bipiramidal (domain 5)	AX_5	Trigonal bipiramidal	PCl_5 , AsF_5
		AX_4E	Dishepnoidal	SF_4
		AX_3E_2	Bentuk T	ClF_3
		AX_2E_3	Linear	XeF_2
6	Oktahedral (domain 6)	AX_6	Oktahedral	SF_6
		AX_5E	<i>Square piramidal</i>	BrF_5
		AX_4E_2	Bujursangkar	XeF_4

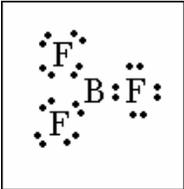
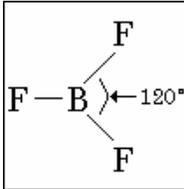
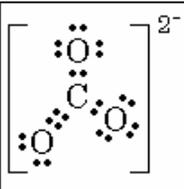
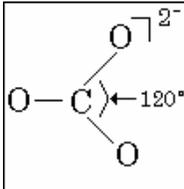
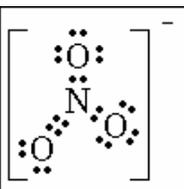
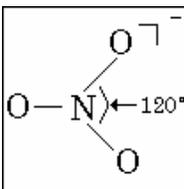
Domain Tiga Elektron

Domain tiga elektron di sekitar atom pusat secara umum dikenal sebagai trigonal planar (segitiga datar) dan mempunyai dua variasi utama bentuk molekul, yaitu:

- AX_3 dengan bentuk molekul segitiga datar
- AX_2E dengan bentuk molekul menyudut

Struktur Lewis dan struktur 3 dimensi senyawa dalam domain 3 elektron disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Tiga Elektron

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX_3 Segitiga Datar	BF_3			<p>BF_3 merupakan molekul yang kekurangan elektron, hanya dengan 6 elektron pada kulit valensi boron. Hal ini akan menjadikan BF_3 sebagai asam Lewis yang bagus. BH_3 tidak dijumpai sebagai spesies individu, tetapi B_2H_6 dijumpai dan dikenal sebagai diboran</p>
	CO_3^{2-}			<p>Tiap atom oksigen mempunyai tiga pasangan elektron dan bermuatan forma -1. ion ini menunjukkan adanya gejala resonansi. Ketiga ikatan mempunyai panjang yang sama di antara panjang ikatan C-O (134 pm) dan C=O (154 pm), yaitu sekitar 147 pm</p>
	NO_3^-			<p>Muatan formal oksigen dengan tiga pasangan elektron dan nitrogen masing-masing -1 dan +1. Ion ini menunjukkan gejala resonansi. Ketiga ikatan mempunyai panjang ikatan yang sama di antara panjang ikatan N-O (136 pm) dan N=O (116 pm), yaitu sekitar 30 pm</p>

Tabel 2. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Tiga Elektron
(Lanjutan)

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX_2E Menyudut	BrNO			Sudut ikatan CINO dan FNO masing-masing adalah 113.3° dan 110.1° . Hal ini terjadi karena F adalah unsur yang paling elektronegatif, sehingga kerapatan elektronnya menjadi lebih besar. Akibatnya tolakan antara pasangan elektron nonikat pada F dengan pasangan elektron nonikat pada atom pusat menjadi semakin besar, dan menyebabkan sudut ikatnya semakin kecil.

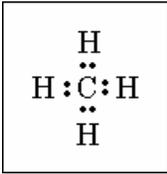
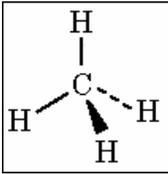
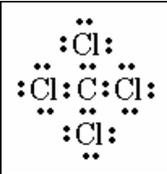
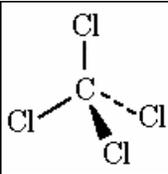
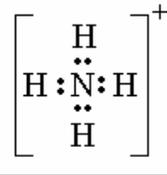
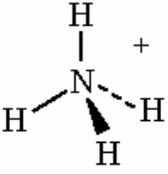
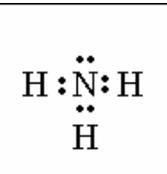
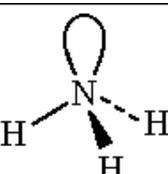
Domain Empat Elektron

Domaian empat elektron di sekitar atom pusat secara umum dikenal sebagai bentuk tetrahedral dan mempunyai tiga variasi utama bentuk molekul, yaitu:

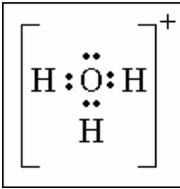
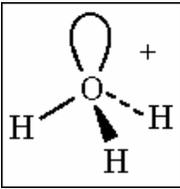
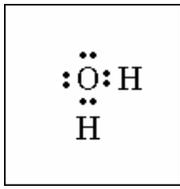
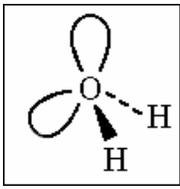
- AX_4 dengan bentuk molekul tetrahedral
- AX_3E dengan bentuk molekul trigonal piramidal
- AX_2E_2 dengan bentuk molekul menyudut

Struktur Lewis dan struktur 3 dimensi senyawa dalam domain 4 elektron disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Empat Elektron

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX ₄ Tetrahedral	CH ₄			Sudut ikat H-C-H adalah 109,5°. Hal yang menarik berdasarkan teori orbital molekul adalah adanya satu ikatan pada CH ₄ yang berbeda dengan tiga ikatan lainnya
	CCl ₄			tetrahedral
	NH ₄ ⁺			tetrahedral
AX ₃ E Trigonal piramidal	NH ₃			Semakin besar pasangan elektron nonikat dibandingkan pasangan elektron ikat, semakin besar pula daya tolakannya. Hidrogen didorong secara bersamaan dan sudut H-C-H yang terbentuk 107,2° Sudut ikat NF ₃ adalah 102.3° sebagai akibat lebih elektronegativitas F yang besar.

Tabel 3. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Empat Elektron (Lanjutan)

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX ₃ E Trigonal piramidal	H ₃ O ⁺			Sudut ikat H-O-H bervariasi tergantung pada keberadaan ion lain dalam padatan.
AX ₂ E ₂ Menyudut	H ₂ O			Sudut ikatan H-O-H adalah 104.5°

Domain Lima Elektron

Domain lima elektron di sekitar atom pusat secara umum dikenal sebagai bentuk trigonal bipiramidal dan mempunyai empat variasi utama bentuk molekul, yaitu:

- AX₅ dengan bentuk molekul trigonal bipiramidal
- AX₄E dengan bentuk molekul *disphenoidal*
- AX₃E₂ dengan bentuk molekul bentuk T
- AX₂E₃ dengan bentuk molekul linear

Struktur Lewis dan struktur 3 dimensi senyawa dalam domain 5 elektron disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Empat Elektron

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX ₅ Trigonal bipiramidal	PF ₅			trigonal bipiramidal. Sudut ikatan F-P-F aksial = 180°, F-P-F ekuatorial = 120°, F _{aksial} - P - F _{ekuatorial} = 90°
	OSF ₄			Sudut ikat F-S-F pada posisi ekuatorial adalah 112,8°
AX ₄ E Disphenoidal	SF ₄			disphenoidal: elektron yang tidak dipakai bersama dalam ikatan pada bidang yang sama. Disebut juga sebagai bentuk gergaji (<i>see-saw</i>). Sudut ikat F-S-F ekuatorial adalah 101,6°.
AX ₃ E ₂ Bentuk T	ClF ₃			Bentuk T: dua pasangan elektron yang tidak dipakai bersama dalam ikatan, diproyeksikan di depan dan di belakang bidang ikat. Sudut ikat F _{aksial} -Cl- F _{ekuatorial} adalah 87°.
AX ₂ E ₃ Linear	I ₃ ⁻			Linear. Sudut ikatan yang terjadi adalah 180°

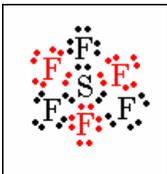
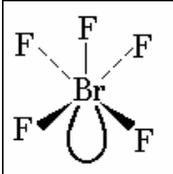
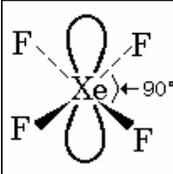
Domain Enam Elektron

Domain enam elektron di sekitar atom pusat secara umum dikenal sebagai bentuk oktahedral dan mempunyai tiga variasi utama bentuk molekul, yaitu:

- AX₆ dengan bentuk molekul oktahedral
- AX₅E dengan bentuk molekul *square pyramidal*
- AX₄E₂ dengan bentuk molekul bujur sangkar

Struktur Lewis dan struktur 3 dimensi senyawa dalam domain 6 elektron disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5. Struktur Lewis Dan Struktur Tiga Dimensi Domain Enam Elektron

Variasi domain	Molekul	Struktur Lewis	Struktur 3 Dimensi	Komentar
AX ₆ Oktahedral	SF ₆			Octahedral. Sudut ikatan yang terjadi adalah 90° dan 180°
AX ₅ E <i>Square pyramidal</i>	BrF ₅			<i>square pyramidal</i> . Sudut ikatan yang terjadi adalah 90° dan 180°
AX ₄ E ₂ Bujur sangkar	XeF ₄			Bujur sangkar. Sudut ikatan yang terjadi adalah 90° dan 180°

Penutup

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan bentuk molekul suatu senyawa adalah:

- Struktur Lewis senyawa yang bersangkutan

Bentuk molekul dapat ditentukan apabila struktur Lewis molekul diketahui.

- Ada tidaknya pasangan elektron nonikat
Keberadaan pasangan elektron nonikat dalam molekul menimbulkan gaya tolak dengan elektron ikat, sehingga akan mempengaruhi bentuk molekul senyawa yang bersangkutan
- Elektronegativitas atom dalam molekul
Atom yang kurang elektronegatif dalam molekul akan bertindak sebagai atom pusat. Keberadaan atom yang elektronegatif, dengan kerapatan elektron yang besar, dalam suatu molekul akan menyebabkan tolakan antara pasangan elektron ikat dengan pasangan elektron nonikat menjadi semakin besar, sehingga sudut ikat yang terbentuk menjadi semakin kecil.

Daftar Pustaka

<http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/VSEPR/>

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

Oxtoby, D.W., 2002, *Principles of Modern Chemistry*, Nelson Thomson Learning Inc, Toronto, Canada.

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