

ISSN : 0853 - 3792



# JURNAL PENDIDIKAN SCIENCE

Volume 26

Nomor 2

Juni 2002

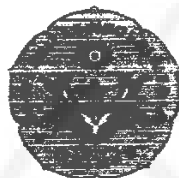
FMIPA-UNIVERSITAS NEGERI MEDAN (UNIMED)

- |  |    |
|--|----|
| ♣ Sintesis Deivet Limonen Kandungan Minyak Kulit Buah Jeruk Sunkist ( <i>Citrus aurantium</i> ), B. Nainggolan | 1  |
| ♣ Kompleks $[AuCl_4]^-$ Ditinjau dari Model Tumpang Tindih Anguler, Suharta                                    | 12 |
| ♣ Wacana Dalam Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Ternak, Zainuddin   | 21 |
| ♣ Peran Ilmuwan Bidang MIPA di Indonesia Dalam Pengembangan Industri, Anna Juniar                              | 29 |
| ♣ Mengatasi Heterogenitas Varians Metoda Kuadrat Terkecil Terboboti, Ani Minarni                               | 38 |
| ♣ MIPA Dalam Era Industrialisasi, Edy Surya  | 46 |



02 26 06 2002  
000  
005 ✓

ISSN : 0853 - 3792



# JURNAL PENDIDIKAN SCIENCE

Volume 26

Nomor 2

Juni 2002

FMIPA-UNIVERSITAS NEGERI MEDAN (UNIMED)

- |  |    |
|--|----|
| ♣ Sintesis Derivat Limonen Kandungan Minyak Kulit Buah Jeruk Sunkist ( <i>Citrus aurantium</i> ), <b>B. Nainggolan</b> | 1  |
| ♣ Kompleks $[AuCl_2]^-$ Ditinjau dari Model Tumpang Tindih Anguler, <b>Suharta</b>                                     | 12 |
| ♣ Wacana Dalam Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Ternak, <b>Zainuddin</b>  | 21 |
| Peran Ilmuwan Bidang MIPA di Indonesia Dalam Pengembangan Industri, <b>Anna Juniar</b>                                 | 29 |
| Mengatasi Heterogenitas Varians Metoda Kuadrat Terkecil Terboboti, <b>Ani Minarni</b>                                  | 38 |
| MIPA Dalam Era Industrialisasi, <b>Edy Surya</b>   | 46 |

THE  
Character Building  
UNIVERSITY

## DAFTAR ISI

♣ Sintesis Derivat Limonen Kandungan Minyak Kulit Buah Jeruk Sunkist ( <i>Citrus aurantium</i> ), <b>B. Nainggolan</b>	1
♣ Kompleks $[AuCl_4]^-$ Ditinjau dari Model Tumpang Tindih Anguler, <b>Suharta</b>	12
♣ Wacana Dalam Proses Pembuatan Biogas dari Limbah Ternak, <b>Zainuddin</b>	21
♣ Peran Ilmuwan Bidang MIPA di Indonesia Dalam Pengembangan Industri, <b>Anna Juniar</b>	29
♣ Mengatasi Heterogenitas Varians Metoda Kuadrat Terkecil Terboboti, <b>Ani Minarni</b>	38
♣ MIPA Dalam Era Industrialisasi, <b>Edy Surya</b>	46

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

# KOMPLEKS $[\text{AuCl}_4]^-$ DITINJAU DARI MODEL TUMPANG TINDIH ANGULER

Oleh

Suharta

(Jurusan Kimia, FMIPA – Universitas negeri Medan)

## ABSTRAK

Kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  merupakan senyawa yang berbentuk segi empat planar dengan point group  $D_{4h}$ . Ligan  $\text{Cl}^-$  berada pada cuping-cuping yang terarah ke sudut-sudut segi empat planar dalam bidang  $xy$ . Dalam kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$ , posisi anguler keempat ligan  $\text{Cl}^-$  terhadap atom pusat mempunyai kedudukan yang setara. Menurut model tumpang tindih anguler (anguler overlap model), tingkat energi orbital  $d$  dari atom pusat dalam senyawa koordinasi ditentukan oleh penjumlahan semua pengaruh masing-masing ligan dalam orbital tersebut. Sebagian ligan mempunyai pengaruh sangat kuat terhadap orbital  $d$  atom pusat, sebagian lagi mempunyai pengaruh yang lemah, dan bahkan ada ligan yang tidak mempunyai pengaruh sama sekali. Hal ini tergantung pada posisi anguler dari ligan terhadap atom pusat. Dalam model tumpang tindih anguler, besarnya kekuatan interaksi secara individual antara orbital ligan dengan orbital  $d$  atom pusat merupakan dasar perhitungan dari tumpang tindih yang terjadi. Harga kekuatan interaksi ini kemudian dikombinasikan untuk semua ligan yang ada dalam senyawa koordinasi untuk menentukan besarnya kekuatan interaksi dari orbital  $d$  atom pusat. Di samping kekuatan interaksi ligan, jenis interaksi ikatan yang terbentuk antara ligan dengan atom pusat merupakan suatu hal yang ikut menentukan besarnya pengaruh interaksi terhadap orbital  $d$  atom pusat.

**Kata kunci :** Anguler, interaksi, koordinasi, ligan, orbital.

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini dikenal ada empat model yang menggarap secara teoritis ikatan dan sifat-sifat senyawa koordinasi (Miessler dan Tarr, 1991). Keempat model tersebut adalah: (a) teori ikatan valensi (b) teori medan kristal (c) teori medan ligan, dan (d) teori orbital molekul. Teori orbital molekul merupakan model pendekatan yang bersifat menyeluruh dan paling canggih dari keempat model tersebut. Dengan berkembangnya teori group dan simetri, maka teori orbital molekul mengalami penyempurnaan, dan kemudian dikenal dengan nama teori orbital molekul dengan pendekatan teori group dan simetri. Kajian molekul

yang didasarkan atas teori ini, dapat menjelaskan terjadinya spektra elektronik molekul poliatomik secara lebih lengkap dan lebih sempurna.

Menurut teori orbital molekul dengan pendekatan teori group dan simetri, kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  merupakan senyawa dengan *point group*  $D_{4h}$ . Kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  berbentuk segi empat planar, dengan ligan-ligan yang terarah pada cuping-cuping sumbu x dan y. Sumbu y dari masing-masing ligan terarah kepada atom pusat, sedangkan sumbu x berada dalam bidang molekul, dan sumbu z tegak lurus terhadap bidang molekul. Dengan demikian, orbital  $p_y$  dari ligan dapat membentuk ikatan- $\sigma$ , sedangkan orbital  $p_x$  dan orbital  $p_z$  membentuk ikatan- $\pi$ . Orbital  $p_x$  membentuk ikatan- $\pi$  yang paralel bidang molekul, sedangkan orbital  $p_z$  membentuk ikatan- $\pi$  yang tegak lurus bidang molekul (Miessler dan Tarr, 1991).

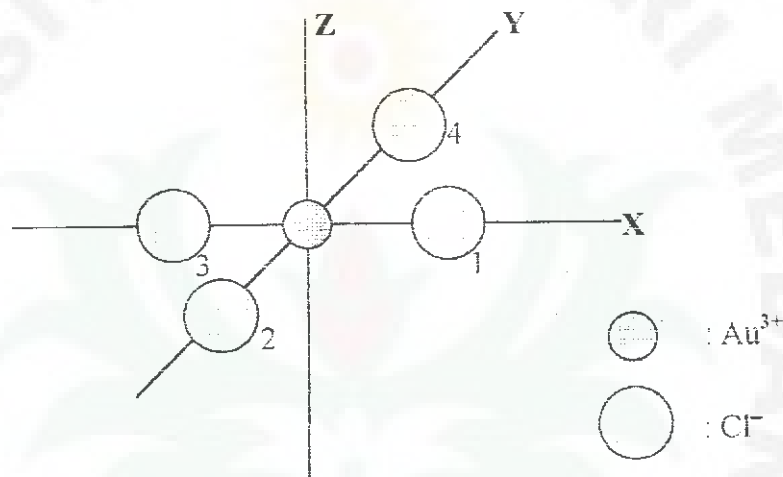
Secara umum molekul dengan *point group*  $D_{4h}$  diberi simbol  $\text{AB}_4$ . A adalah logam transisi yang memiliki orbital atom:  $ns$ ,  $np$ ,  $(n-1)d$ , dan B adalah ligan dengan orbital atom:  $ns$ ,  $np$ . Orbital molekul  $\text{AB}_4$  terbentuk sebagai hasil kombinasi linier simetri teradaptasi (*symmetry-adapted linear combinations*) orbital atom ligan dengan orbital atom pusat yang mempunyai simetri yang sama (Purcell, 1980; dan Graybeal, 1988).

Di samping teori orbital molekul, ada sebuah model yang dikembangkan oleh Larsen dan La Mar yaitu yang disebut model tumpang tindih anguler ((Miessler dan Tarr, 1991). Model ini dapat menjelaskan berbagai jenis senyawa kompleks secara lebih mudah bagaimana terjadinya interaksi antara masing-masing ligan dengan atom pusat dalam suatu senyawa kompleks. Tulisan ini secara khusus akan membahas tentang model tumpang tindih anguler untuk senyawa kompleks yang berbentuk segi empat planar, oktahedral, dan tetrahedral. Lebih khusus lagi, yaitu membahas tentang senyawa kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  yang berbentuk segi empat planar.

## II. MODEL TUMPANG TINDIH ANGULER

Menurut model tumpang tindih anguler (*angular overlap model*), tingkat energi orbital  $d$  dari atom pusat dalam senyawa koordinasi ditentukan oleh penjumlahan semua pengaruh masing-masing ligan dalam orbital tersebut.

Sebagian ligan mempunyai pengaruh sangat kuat terhadap orbital  $d$  atom pusat, sebagian lagi mempunyai pengaruh yang lemah, dan bahkan ada ligan yang tidak mempunyai pengaruh sama sekali. Hal ini tergantung pada posisi anguler dari ligan terhadap atom pusat (Miessler dan Tarr, 1991). Gambar 1, menyajikan posisi anguler ligan  $\text{Cl}^-$  terhadap atom pusat  $\text{Au}^{3+}$  pada senyawa kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  (senyawa berbentuk segi empat planar).

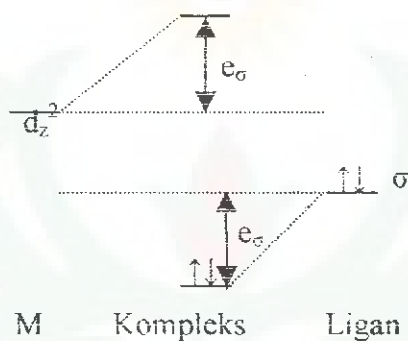


Gambar 1. Posisi anguler ligan  $\text{Cl}^-$  terhadap atom pusat  $\text{Au}^{3+}$  pada molekul kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$  (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Dalam model tumpang tindih anguler, besarnya kekuatan interaksi secara individual antara orbital ligan dengan orbital  $d$  atom pusat merupakan dasar perhitungan dari tumpang tindih yang terjadi. Harga kekuatan interaksi ini kemudian dikombinasikan untuk semua ligan yang ada dalam senyawa koordinasi untuk menentukan besarnya kekuatan interaksi dari orbital  $d$  atom pusat. Di samping kekuatan interaksi ligan, jenis interaksi ikatan yang terbentuk antara ligan dengan atom pusat merupakan suatu hal yang ikut menentukan besarnya pengaruh interaksi terhadap orbital  $d$  atom pusat (Miessler dan Tarr, 1991). Ada dua jenis interaksi ikatan yang terjadi yaitu:

### 1. Interaksi ikatan sigma ( $\sigma$ )

Interaksi ikatan- $\sigma$  yang paling kuat adalah interaksi antara orbital ligan  $p_y$  dengan orbital logam  $d_z^2$  dalam senyawa koordinasi berbentuk oktahedral dan ini digunakan sebagai kekuatan interaksi standar. Kekuatan interaksi ikatan- $\sigma$  dari ligan terhadap orbital yang lain, ditentukan secara relatif terhadap interaksi standar. Perubahan energi yang terjadi akibat interaksi ikatan- $\sigma$  adalah energi orbital molekul ikatan (orbital ligan) turun sebesar  $e_\sigma$ , dan energi orbital molekul anti-ikatan (orbital  $d$  atom pusat) naik sebesar  $e_\sigma$ .

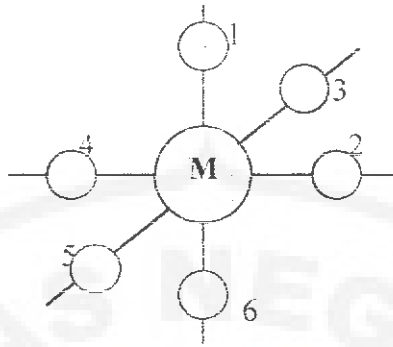


Gambar 2. Perubahan energi yang terjadi akibat interaksi antara orbital ligan  $p$  dengan orbital atom pusat  $d_z^2$  (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Tabel 1, 2 dan 3 masing-masing menyajikan pengaruh interaksi ikatan- $\sigma$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk segi empat planar, oktahedral, dan tetrahedral.

Tabel 1. Pengaruh interaksi ikatan- $\sigma$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk segi empat planar (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

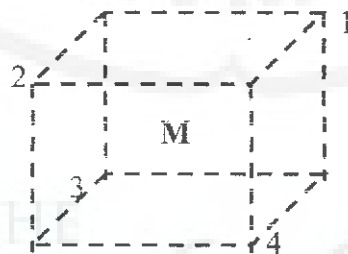
Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
3	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
4	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0



Gambar 3. Posisi ligan terhadap atom pusat pada senyawa berbentuk oktahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Tabel 2. Pengaruh interaksi ikatan- $\sigma$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk oktahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	1	0	0	0	0
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
3	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
4	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
5	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	0	0
6	1	0	0	0	0



Gambar 4. Posisi ligan terhadap atom pusat pada senyawa berbentuk tetrahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)



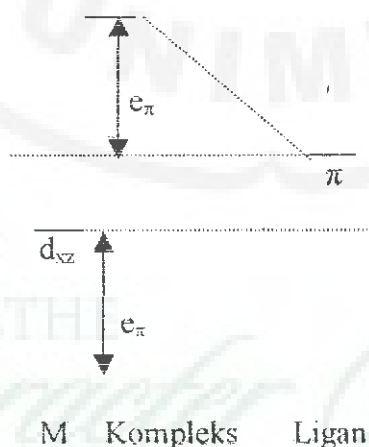
Tabel 3. Pengaruh interaksi ikatan- $\sigma$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk tetrahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	0	0	1/3	1/3	1/3
2	0	0	1/3	1/3	1/3
3	0	0	1/3	1/3	1/3
4	0	0	1/3	1/3	1/3

2. Interaksi ikatan  $\pi$  ( $\pi$ )

Kekuatan interaksi yang digunakan sebagai standar dalam interaksi ikatan- $\pi$  adalah interaksi yang terjadi antara orbital  $\pi$  ligan dengan orbital  $d_{xz}$  dari atom pusat. Perubahan energi yang terjadi akibat interaksi tersebut akan berubah sebesar  $e_\pi$  untuk masing-masing elektron. Hasil tumpang tindih yang terjadi dari interaksi ikatan- $\pi$  kekuatannya lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan interaksi yang disebabkan oleh interaksi ikatan- $\sigma$  (Douglas *et al.*, 1983).

$$e_\pi < e_\sigma \quad (1)$$



Gambar 5. Perubahan energi yang terjadi akibat interaksi antara orbital  $\pi$  ligan dengan orbital  $d_{xz}$  dari atom pusat (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Tabel 4, 5 dan 6, masing-masing menyajikan pengaruh interaksi ikatan- $\pi$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk segi empat planar, oktahedral, dan tetrahedral.

Tabel 4. Pengaruh interaksi ikatan- $\pi$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk segi empat planar (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	0	0	1	1	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0
4	0	0	1	0	1

Tabel 5. Pengaruh interaksi ikatan- $\pi$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk oktahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	0
3	0	0	1	0	1
4	0	0	1	1	0
5	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1

Tabel 6. Pengaruh interaksi ikatan- $\pi$  dari orbital ligan terhadap orbital  $d$  atom pusat dalam senyawa berbentuk tetrahedral (Sumber: Miessler dan Tarr, 1991)

Posisi ligan	Jenis orbital $d$ atom pusat				
	$d_z^2$	$d_{x^2-y^2}$	$d_{xy}$	$d_{xz}$	$d_{yz}$
1	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
2	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
3	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9
4	2/3	2/3	2/9	2/9	2/9

### III. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penjabaran yang telah diuraikan di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Menurut model tumpang tindih anguler (*angular overlap model*), tingkat energi orbital  $d$  dari atom pusat dalam senyawa koordinasi ditentukan oleh penjumlahan semua pengaruh masing-masing ligan dalam orbital tersebut. Sebagian ligan mempunyai pengaruh sangat kuat terhadap orbital  $d$  atom pusat, sebagian lagi mempunyai pengaruh yang lemah, dan bahkan ada ligan yang tidak mempunyai pengaruh sama sekali. Hal ini tergantung pada posisi anguler dari ligan terhadap atom pusat.
2. Dalam model tumpang tindih anguler, besarnya kekuatan interaksi secara individual antara orbital ligan dengan orbital  $d$  atom pusat merupakan dasar perhitungan dari tumpang tindih yang terjadi. Harga kekuatan interaksi ini kemudian dikombinasikan untuk semua ligan yang ada dalam senyawa koordinasi untuk menentukan besarnya kekuatan interaksi dari orbital  $d$  atom pusat.
3. Jenis interaksi ikatan yang terbentuk antara ligan dengan atom pusat merupakan suatu hal yang ikut menentukan besarnya pengaruh interaksi terhadap orbital  $d$  atom pusat.
4. Dalam kompleks  $[\text{AuCl}_4]^-$ , posisi anguler keempat ligan  $\text{Cl}^-$  terhadap atom pusat mempunyai kedudukan yang setara.



## DAFTAR PUSTAKA

Douglas, B., Mc Daniel, J.J. Alexander (1983), *Concepts and Models of Inorganic Chemistry*, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons Inc., New York, 275 – 277.

Graybeal, J. D. (1988), *Molecular Spectroscopy*, Mc Graw-Hill International, New York, 574 – 636.

Miessler, G.L., D.A. Tarr (1991), *Inorganic Chemistry*, Prentice-Hall Inc., London, 84 – 177 dan 271 – 338.

Purcell, K.F.; J.C. Kotz (1980), *An Introduction to Inorganic Chemistry*, Saunders Golden Sunburst Series, Philadelphia, 314 – 337.

