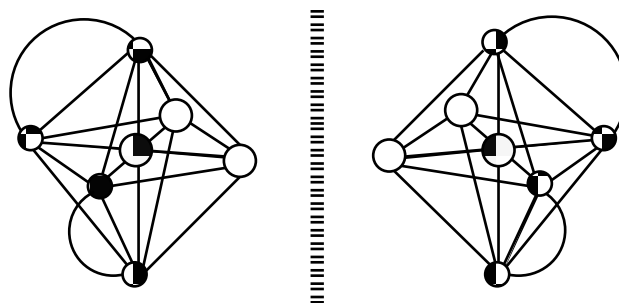
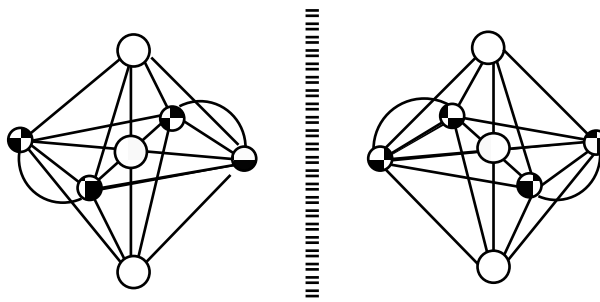


KIMIA ANORGANIK TRANSISI



cermin



cermin

Prof. Drs. Kristian H. Sugiyarto, M.Sc., Ph.D.
Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
2009

PRAKATA

Materi Kimia Anorganik Transisi merupakan materi Kimia Anorganik untuk tahun ke 3 jurusan kimia di universitas; oleh karena itu ia merupakan kelanjutan dari materi Kimia Anorganik tahun 1 dan ke 2. Materi Kimia Anorganik tahun pertama biasanya dikonsentrasikan pada bahasan unsur-unsur non logam yang diawali dengan teori yang mendasarinya, sedangkan materi Kimia Anorganik tahun ke 2 dikonsentrasikan pada bahasan unsur-unsur logam dengan diawali teori yang relevan. Materi Kimia Anorganik untuk tahun ke 3 dikonsentrasikan pada teori senyawa kompleks yang didominasi oleh kelompok transisi *d* dan ditambah dengan bahasan untuk kelompok transisi-dalam, *f*.

Jadi, teori senyawa kompleks (*3d*) dan kelompok lantanoida (*4f*), aktinoida (*5f*) beserta golongan 3 merupakan target buku ini. Oleh karena pesatnya perkembangan senyawa kompleks yang merupakan karakteristik senyawa logam-logam transisi ("*d*"), maka buku ini juga terkonsentrasi pada teori ikatan dalam senyawa kompleks yaitu teori ikatan valensi -hibridisasi, teori medan kristal, dan teori orbital molekuler demikian juga aspek termodinamika dan kinetika senyawa kompleks. Teori medan kristal mendapat porsi yang cukup besar sebagai dasar pemahaman sifat magnetik dan spektrum elektronik atom pusat logam-logam transisi dengan harapan mampu memberikan wawasan untuk pengembangan "penelitian" dalam senyawa kompleks.

Akhirnya perlu diingatkan bahwa karena "belum" adanya pembakuan terjemahan istilah-istilah kimia yang disepakati oleh Masyarakat Kimia Indonesia, penulis memilih terjemahan istilah-istilah yang sedekat mungkin menggunakan kaidah-kaidah terjemahan secara umum dengan mempertimbangkan Glosarium Kimia yang sudah beredar. Penulis yakin bahwa dalam waktu dekat akan terjadi perubahan-perubahan kandungan materi untuk agar lebih bermanfaat bagi mahasiswa khususnya demi kemajuan wawasan kimia anorganik, dan semoga buku ini dapat membantunya.

Yogyakarta, Juli 2009

Kristian H. Sugiyarto

DAFTAR ISI

PRAKATA	.....	i
Daftar Isi	.....	ii
DAFTAR SIMBOL	.....	v
1 KIMIA UNSUR-UNSUR TRANSISI	.....	1.1
1.1 Pengertian Unsur-unsur Transisi	.....	1.2
1.2 Sifat Unsur-unsur Transisi	.....	1.3
1.3 Konfigurasi Elektronik Unsur-unsur Transisi	.....	1.5
1.4 Kecenderungan dalam Periode dan Golongan	.....	1.9
1.5 Sifat Katalitik Unsur-Unsur Transisi	.....	1.11
1.5.1 Katalisator homogen	.....	1.11
1.5.2 Katalisator heterogen	.....	1.13
1.6 Sifat Magnetik Senyawa Kompleks	.....	1.17
1.6.1 Asal-usul sifat magnetik	.....	1.18
1.6.2 Sifat diamagnetik	.....	1.19
1.6.3 Sifat paramagnetik	.....	1.21
1.6.4 Sistem elektron tunggal	.....	1.22
1.6.5 Sistem multi elektron	.....	1.24
1.6.6 Tipe paramagnetik	.....	1.26
1.6.7 Koreksi diamagnetik	.....	1.28
1.6.8 Suseptibilitas magnetik dan pengukurannya	.....	1.31
1.7 Term Spektroskopik	.....	1.34
1.7.1 Jenis interaksi antar elektron	.....	1.34
1.7.2 Cara menentukan term	.....	1.37
Rangkuman	.....	1.49
1.8 Soal-soal latihan	.....	1.50
2 SENYAWA KOMPLEKS	.....	2.1
2.1 Batasan Senyawa Kompleks	.....	2.2
2.2 Formulasi Senyawa Kompleks	.....	2.4
2.3 Ikatan dalam Senyawa Kompleks	.....	2.6
2.4 Bilangan Koordinasi dan Bentuk Ruang Senyawa Kompleks	.....	2.9

2.5	Tata Tulis Formula Senyawa Kompleks	2.10
2.6	Tata Nama Senyawa Kompleks	2.12
2.7	Perkembangan Teori Formulasi Senyawa Kompleks	2.17
2.8	Isomer dalam Senyawa Kompleks	2.19
2.9	Metalosena dan Kluster Metal	2.30
2.10	Aplikasi Senyawa Kompleks	2.32
	Rangkuman	2.35
2.11	Soal-soal Latihan	2.36
3	TEORI IKATAN DALAM SENYAWA KOMPLEKS	3.1
3.1	Konsep Nomor Atom Efektif	3.2
3.2	Teori Ikatan Valensi	3.5
3.3	Teori Medan Kristal	3.9
3.3.1	Pembelahan orbital d dalam medan kubus	3.10
3.3.2	Pembelahan orbital d dalam medan bujursangkar	3.11
3.3.3	Konfigurasi elektronik $3d^x$ dalam medan ligan	3.13
3.3.4	Energi stabilisasi medan kristal	3.16
3.3.5	Distorsi dan teorema Jahn -Teller	3.18
3.3.6	Pengukuran parameter kekuatan medan ligan $10Dq$ (Δ)	3.24
3.3.7	Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya $10Dq$	3.26
3.3.8	Bukti adanya $CFSE$	3.27
3.3.9	Kestabilan senyawa kompleks O_h relatif terhadap T_d	3.30
3.3.10	Warna dalam senyawa kompleks	3.34
3.3.11	Kontribusi orbital pada momen magnetik	3.38
3.4	Teori Orbital Molekular	3.42
3.4.1	Senyawa kompleks oktahedron	3.43
3.4.2	Senyawa kompleks tetrahedron dan bujursangkar	3.51
	Rangkuman	3.54
3.5	Soal-soal Latihan	3.55
4	TERMODINAMIKA DAN KINETIKA SENYAWA KOMPLEKS	4.1
4.1	Kestabilan dan Kelabilan Senyawa Kompleks	4.2

4.2	Termodinamika Senyawa Kompleks	.....	4.4
4.2.1	Tetapan keseimbangan senyawa kompleks dalam larutan	.....	4.6
4.3	Kinetika Senyawa Kompleks	.....	4.9
4.4	Mekanisme Reaksi Senyawa Kompleks	.....	4.11
4.4.1	Laju reaksi dan konfigurasi elektronik	.....	4.11
4.4.2	Reaksi substitusi ligan	.....	4.14
4.4.3	Efek trans	.....	4.21
4.4.4	Reaksi redoks	.....	4.28
4.5	Reaksi Asam-Basa Ion Kompleks	.....	4.34
	Rangkuman	.....	4.35
4.6	Soal-soal Latihan	.....	4.36
5	KIMIA UNSUR GOLONGAN 3, LANTANOIDA, DAN AKTINOIDA	.....	5.1
5.1	Pendahuluan	.....	5.2
5.2	Unsur-unsur Golongan 3	.....	5.5
5.3	Sifat-sifat Lantanoida	.....	5.7
5.4	Sifat- sifat Aktinoida	.....	5.11
5.5	Kontraksi Lantanoida dan Aktinoida	.....	5.12
5.6	Perbandingan Orbital $4f$ dengan $5f$	.....	5.13
5.7	Sifat Magnetik Lantanoida dan Aktinoida	.....	5.14
5.8	Kimia Koordinasi Lantanoida dan Aktinoida	.....	5.18
5.9	Ekstraksi Uranium	.....	5.19
5.10	Unsur-unsur Pasca-Aktinoida	.....	5.20
5.11	Reaktor Fisi Alami	.....	5.22
	Rangkuman	.....	5.23
5.12	Soal-soal Latihan	.....	5.24
	DAFTAR PUSTAKA	.....	5.25
	GLOSARIUM	.....	5.27

DAFTAR SIMBOL

a	: orbital <i>singly degenerate</i> , simetris terhadap operasi dengan sumbu utama, karakter +1	l s λ	: <i>low spin = spin rendah</i> : panjang gelombang : koreksi konsekutif
B	: medan terinduksi fluks suatu senyawa oleh medan magnet luar	M_L	: resultante m_ℓ total elektron = Σm_ℓ
b	: orbital <i>singly degenerate antisimetris</i> terhadap operasi dengan sumbu utama, karakter -1	M_S	: resultante m_s total elektron = Σm_s
χ D	: suseptibilitas magnetik : <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 2$	m_ℓ	: bilangan kuantum magnetik = 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , dst.
Dq	: besaran untuk menyatakan energi pembelahan medan kristal	m_s	: bilangan kuantum magnetik spin = $\pm 1/2$
d	: orbital untuk $\ell = 2$: densitas	μ_j	: momen magnetik gandengan <i>j-j</i>
Δ E^0	: lambang umum untuk selisih : potensial reduksi standar	μ_s	: momen magnetik <i>spin</i>
e	: elektron : orbital <i>doubly degenerate</i> : $d_{x^2-y^2}$ dan d_{z^2}	n v	: bilangan kuantum utama : lambang umum untuk kuantitas : frekuensi
F	: <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 3$	Oh	: oktahedron
f G	: lambang orbital untuk $\ell = 3$: <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 4$: energi bebas Gibbs	P	: energi pemasangan elektron per 10 <i>Dq</i> : <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 1$
g / g	: singkatan fase gas	π	: bilangan sebesar 3,14
H	: faktor giromagnetik : <i>gerade</i> sebagai <i>subscript</i> : <i>gravitasi bumi</i> : kuat medan magnetik	r	: jenis ikatan kovalen hasil model tumpang-tindih dengan sumbu ikat terletak pada satu bidang simpul (<i>nodal plane</i>) : lambang umum jari-jari
h	: entalpi : <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 5$: tetapan Planck	S	: bilangan kuantum <i>spin</i> total elektron : <i>term</i> atau <i>state</i> untuk $L = 0$
h s J	: singkatan <i>high spin = spin tinggi</i> : resultante harga-harga <i>j</i> total	s	: Entropi : bilangan kuantum spin, $1/2$. : lambang orbital untuk $\ell = 0$
j	: penggandengan <i>s</i> dengan <i>l</i>		: fase <i>solid</i> (padat)
K k L	: tetapan umum : tetapan Boltzman : resultante harga-harga ℓ total elektron	σ T Td	: jenis ikatan kovalen hasil model tumpang-tindih yang silindris simetris terhadap sumbu ikat : temperatur : tetrahedron
ℓ	: fase <i>liquid</i> (cair) : bilangan kuantum azimut / orbital	t_2	: orbital <i>triply degenetarate</i> : = d_{xy} , d_{xz} , dan d_{yz}



Kristian Handoyo Sugiyarto dilahirkan di Solo, 15 September 1948, lulus Sarjana Muda Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Surakarta pada tahun 1972, Sarjana Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Yogyakarta pada tahun 1978. Studi lanjut untuk tingkat Master of Science by Research dalam bidang Kimia Anorganik atas biaya Pemerintah Australia (ADAB) diselesaikan pada tahun 1984-1987 di The School of Chemistry, University of New South Wales, Australia; untuk tingkat Ph.D.

pada bidang yang sama dan di tempat yang sama diselesaikan pada tahun 1989-1992. Kegiatan Post Doctoral dalam bidang dan spesialisasi yang sama diselesaikan pada tahun 1995-1997 atas biaya UNSW, dan dalam bidang Kimia Analitik-Anorganik diselesaikan pada September 2002-April 2003 di Shizuoka University, Jepang atas biaya JICA. Bidang Kimia Anorganik yang ditekuni baik selama studi maupun post-doct sebagian besar berkaitan dengan senyawa kompleks besi(II) dan nikel(II) dengan berbagai ligan organik beratom donor nitrogen, dan ini menghasilkan 17 publikasi internasional dalam berbagai jurnal tentang karakteristik transisi-spin dalam senyawa kompleks besi(II), yakni pada *Australian Journal of Chemistry*, *Dalton Transactions*, *Advanced Functional Materials*,

Malaysian Journal of Chemistry, dan *Chemical Physics Letters*. Posisi Guru Besar dalam bidang Kimia Anorganik Transisi berhasil diraihinya pada Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta. Oleh karena itu buku ini, Kimia Anorganik Transisi yang terkait dengan pengalaman yang signifikan, didedikasikan kepada siapa saja untuk menolong pemahaman yang lebih baik dalam bidang ini. Spesialisasi ini menyangkut atas sifat magnetik dan spektrum elektronik senyawa kompleks yang dibahas relatif rinci dalam buku ini. Seseorang yang pantas menerima ucapan terima kasih karena peran-jasa yang paling besar dalam mewujudkan bidang spesialisasi ini adalah Prof. H. A. Goodwin (UNSW), baik ketika sebagai supervisor selama studi, partner-kerja dalam penelitian maupun sebagai pemberi dana untuk *visiting academic*.