

**Pidato Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**

12 Desember 2009

Profesor Djulia Onggo

**KOMPLEKS BESI (II)
SEBAGAI MATERIAL CERDAS, UNIK
DAN MENGAGUMKAN**



Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Judul: **KOMPLEKS BESI (II) SEBAGAI MATERIAL CERDAS, UNIK DAN MENGAGUMKAN**

Disampaikan pada sidang terbuka Majelis Guru Besar ITB, tanggal 12 Desember 2009.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis

Data katalog dalam terbitan

Djulia Onggo

KOMPLEKS BESI (II) SEBAGAI MATERIAL CERDAS, UNIK DAN MENGAGUMKAN

Disunting oleh Djulia Onggo

Bandung: Majelis Guru Besar ITB, 2009

vi+34 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-602-8468-04-6

1. Pendidikan Tinggi 1. Djulia Onggo

KATA PENGANTAR

Saya bersyukur pada Allah Bapa didalam Tuhan Yesus Kristus yang sudah memberikan hidup dan anugrah yang sangat besar baik dalam keselamatan rohani, juga dalam kesempatan menikmati karya ciptaanNya yang luar biasa menakjubkan, oleh karena itu saya ingin berbagi kebahagiaan yang telah saya alami kepada sesama seperti yang dikehendakiNya.

Izinkan saya menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat setinggi-tingginya kepada Majelis Guru Besar ITB yang telah memberi kesempatan bagi saya untuk berdiri di hadapan majelis terhormat dan para hadirin untuk menyampaikan pidato ilmiah ini.

Adapun materi yang disampaikan berjudul Kompleks Besi(II) Sebagai Material Cerdas, Unik dan Mengagumkan. Pemaparan diawali dengan keberadaan kompleks besi(II) dengan ligan sederhana, dilanjutkan dengan kompleks besi(II) dengan ligan rumit, yang merupakan contoh nyata sebagai material cerdas. Kemudian, kompleks besi(II) dengan ligan-ligan turunan 2,2'-bipyridine, yang merupakan salah satu strategi untuk mendapatkan fenomena *spincrossover* (SCO) sebagai basis material cerdas. Selanjutnya ulasan singkat mengenai pemanfaatan kompleks besi(II)-SCO sebagai material aktif pada devais elektronika menjadi pembangkit motivasi untuk memperkaya variasi material cerdas. Akhirnya pengalaman melakukan sintesis, pertumbuhan kristal tunggal dan kemauan untuk menjalin kolaborasi menjadi kunci keberhasilan

mencapai karya-karya unik dan mengagumkan.

Pidato ini merupakan bentuk pertanggungjawaban akademik pada masyarakat yang telah mempercayakan jabatan Guru Besar dalam bidang Kimia Fisik dan Anorganik. Kiranya karya ini merupakan suatu bentuk kontribusi bagi kemajuan pendidikan, penelitian dan pengabdian pada masyarakat.

Bandung, 12 Desember 2009

Djulia Onggo

Semua yang benar, semua yang mulia, semua yang adil, semua yang suci, semua yang manis dan sedap didengar, semua yang disebut kebajikan dan patut dipuji, pikirkanlah semuanya itu(Filipi 4:8)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. PENDAHULUAN	1
2. KOMPLEKS BESI(II) DENGAN LIGAN SEDERHANA	7
2.1. Kompleks besi(II) dengan ligan air	7
2.2. Kompleks besi dengan sianida	10
3. KOMPLEKS BESI(II) DENGAN LIGAN RUMIT	11
3.1 Hemoglobin	12
3.2. Kompleks besi(II) dengan ligan turunan 2,2'-bipiridin	14
4. APLIKASI KOMPLEKS BESI(II)-SCO	22
5. PENUTUP	25
UCAPAN TERIMA KASIH	27
DAFTAR PUSTAKA	29
CURRICULUM VITAE	31

KOMPLEKS BESI(II) SEBAGAI MATERIAL CERDAS, UNIK dan MENGAGUMKAN

1. PENDAHULUAN

Saya kagum melihat siswa-siswi SMA yang cerdas yang telah ikut berkompetisi dalam ajang Olimpiade Kimia Internasional (IChO), mereka mampu mengerjakan soal yang sangat rumit padahal mereka baru belajar kimia beberapa tahun, memang ada pembinaan khusus bagi mereka sebelum berkompetisi di ajang internasional. Sebagai salah seorang pembina mereka, saya bangga pada kecerdasan mereka memahami masalah yang diberikan dan kemampuan mereka menyelesaikan soal-soal tersebut dengan konsep dasar kimia dan dalam waktu yang sangat terbatas. Beberapa dari mereka berasal dari keluarga yang sangat sederhana, namun karena motivasi berkompetisi yang tinggi membuat mereka berhasil mendapatkan medali, saya juga kagum pada mereka bukan hanya pada perolehan medali tetapi pada kemampuan bergaul dengan teman-teman seusianya walaupun mereka menemui kendala bahasa.

Saya pernah kagum pada komentar seorang guru saya di sekolah analis. Saat itu teh botol mulai diperkenalkan di masyarakat dan banyak orang suka membeli dan meminum teh botol. Ide mengemas air teh dalam botol menurut sang guru adalah ide yang cerdas, karena kalau kita

pikirkan untuk mendapatkan segelas air teh di Indonesia ini tidak sulit, setiap rumah tangga pasti menyediakan air teh baik untuk anggota keluarga maupun untuk menjamu tamunya. Ide cerdas mengemas air teh tersebut mampu mengubah gaya hidup masyarakat sehingga mereka suka minum teh dalam kemasan, bahkan sampai sekarang tidak hanya air teh, minuman lainnya bahkan air tawar yang dikenal dengan sebutan air mineralpun ikut dikemas dan tidak hanya dalam botol, berkembang dalam kemasan kertas dan plastik.

ITB merupakan perguruan tinggi yang menghasilkan lulusan yang cerdas, ide-ide yang kreatif, karya inovasi yang unik, namun kita sering terlambat menikmati hal-hal yang mengagumkan itu, seringkali kita memandang semua di sekitar kita sebagai hal yang biasa. Mari kita coba luangkan waktu, memperhatikan alam di sekitar kita dengan seksama, menikmati hal yang unik dan menarik di sekitar kita dan akan terungkap rasa syukur yang tak terhingga pada Tuhan Pencipta alam semesta ini.

Pada awal saya mengenal kimia, tidak ada sesuatu yang menonjol yang menyebabkan saya tertarik mempelajari kimia, saya melihat air yang saya minum dan yang dipakai sehari-hari sebagai suatu material yang memang sudah ada dari dulu, ketika saya memahami ada 3 bentuk air yang bergantung pada tekanan dan temperatur, saya juga memandang perubahan bentuk atau fasa air itu sebagai fenomena alam yang biasa. Namun setelah dicermati lebih dalam, khususnya ketika sedang mempersiapkan materi kuliah, saya tahu ada ikatan kimia antar molekul

air yang disebut sebagai ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen ini membuat air menjadi molekul raksasa yang menyebabkan air berwujud cair dengan titik didih relatif tinggi. Selain itu, ikatan hidrogen antar molekul air dapat menghasilkan ruang berongga dalam air ketika berubah menjadi es, sehingga volume es relatif lebih besar daripada air dalam bentuk cair. Akibat adanya rongga-rongga tersebut, massa jenis es lebih rendah dari air dan es akan terapung di permukaan air. Saya kagum pada orang yang mampu mengungkapkan adanya ikatan hidrogen dalam air dan kaitannya dengan titik didih dan massa jenis. Beruntunglah ada ikatan hidrogen dalam air, khususnya ketika musim dingin terjadi di berbagai belahan dunia ini, makhluk hidup dalam air tidak akan mati kedinginan karena es hanya ada dipermukaan, sedangkan di bawah es, masih ada air dalam bentuk cair.

Tidak hanya pada air, banyak bahan kimia yang jika diperhatikan dengan seksama, kita dapat menggali kecerdasannya, menikmati keunikannya dan membuat kita kagum sehingga timbul motivasi untuk terus mempelajarinya. Untuk dapat menikmati unik dan indahnya kimia kita perlu memahami 3 dunia yang dikenal dengan dunia mikroskopik yaitu atom, dunia lambang atau simbol dan dunia makroskopik yaitu material di sekitar kita. Roald Hoffman seorang peraih Nobel, memanfaatkan 3 dunia kimia tersebut untuk mengungkapkan keindahan berbagai molekul kimia organik yang ditekuninya, dan artikel ilmiah yang ditulisnya secara berseri bertema *Molecular Beauty* dalam buku *World of*

*Chemistry*¹ telah memberi inspirasi pada saya untuk memaparkan kecerdasan dan keunikan pada senyawa kompleks besi(II).

Material cerdas pernah dibahas oleh Dr. Ariewahjoedi² dalam suatu pertemuan rutin peneliti di kelompok kimia Fisik dan Anorganik beberapa tahun lalu. Sederhananya, material cerdas adalah material yang memiliki kemampuan menangkap sinyal atau rangsangan dari luar dan menanggapi menjadi suatu respon tertentu serta mengekspresikannya dalam bentuk lain. Rangsangan dari luar, bisa berbentuk cahaya, gelombang elektromagnetik, gelombang suara, sinyal kimia, temperatur, panas, tekanan, sinyal listrik dan medan magnet.

Material cerdas sebetulnya sudah ada disekitar kita, bahkan mungkin pernah kita gunakan, contohnya ketika kita menggunakan kaca mata hitam pada siang hari yang terik. Lensa kacamata tersebut mampu memperteduh penglihatan dan membuat kita lebih nyaman ketika merespon teriknya sinar matahari. Di dunia industri, kita mengenal ada bahan kimia yang namanya katalis. Katalis adalah suatu zat kimia yang dapat mempercepat suatu reaksi menghasilkan produk secara efisien. Katalis merupakan material cerdas karena dapat merespon zat-zat pereaksi tertentu dan membuat suatu reaksi kimia berlangsung secara cepat. Selain itu katalis bersifat sangat selektif, artinya hanya pada reaksi tertentu saja yang dapat dipercepat, untuk reaksi lain memerlukan zat yang cocok sebagai katalis. Katalis juga ada dalam sistim biologi kita, namanya enzim atau biokatalis. Enzim adalah zat yang sangat cerdas,

mampu bekerja pada sistim biologi yang sangat spesifik dan optimum pada rentang temperatur tertentu.³

Material cerdas dapat diperoleh dari berbagai rekayasa zat kimia, mulai dari yang sederhana seperti oksida, paduan logam, asam, basa sampai pada spesi kimia yang rumit seperti polimer, komposit dan kompleks.

Kompleks sering diartikan sebagai suatu yang rumit karena berbagai konsep yang terlibat harus dicermati secara bersamaan. Ada dua spesi kimia dalam suatu kompleks yang masing-masing memiliki peran penting dan keduanya bersinergi membentuk peran baru. Kedua spesi kimia itu adalah ion logam dan ligan yang mengelilingi ion logam tersebut secara simetris. Ligan yang mengelilingi ion logam dari semua arah sumbu Cartesian dapat membentuk suatu medan ligan oktahedral, dan medan yang dihasilkan ligan ini sangat berpengaruh terhadap susunan atau konfigurasi elektron pada ion logam tersebut.

Ligan adalah spesi kimia yang merupakan molekul netral atau anionik, memiliki pasangan electron bebas yang dapat digunakan untuk berikatan dengan ion logam di pusat kompleks. Pasangan elektron bebas pada ligan berasal dari atom-atom donor seperti atom oksigen, nitrogen atau halogen. Ikatan yang terjadi disebut kovalen koordinasi, oleh karena itu kimia kompleks disebut juga kimia koordinasi.

Secara umum rumus kimia kompleks dinyatakan sebagai $[M(L)_x]^{n\pm/}$ dimana M adalah ion logam, L adalah Ligan, x adalah jumlah ligan dan n

adalah tingkat oksidasi kompleks. Ion logam yang membentuk senyawa kompleks umumnya berasal dari kelompok logam transisi dan salah satu logam transisi yang menarik adalah logam besi.

Besi adalah logam dengan simbol kimia Fe. Besi dikenal dengan nama *Iron* atau *Ferrum* merupakan unsur yang populasinya relatif tinggi dan tersebar di alam. Istilah *Iron-age* dipakai untuk menunjukkan zaman dimana orang mulai menggunakan logam. Besi memiliki beberapa isotop yaitu unsur yang sama tetapi massanya berbeda. Isotop ^{56}Fe adalah isotop besi yang paling stabil di alam dan memiliki energi ikat inti tertinggi dibanding dengan unsur lainnya, sedangkan isotop ^{57}Fe merupakan zat radioaktif, kelimpahannya kecil tetapi manfaatnya banyak, salah satunya digunakan dalam teknik analisis modern yang disebut spektroskopi Mössbauer.⁴

Besi termasuk material cerdas karena memiliki sifat katalitik yang khas sehingga banyak digunakan pada berbagai industri kimia. Besi mampu mempercepat reaksi gas hidrogen dan nitrogen membentuk ammonia, yang dikenal sebagai metoda Haber, selain itu besi juga mampu mempercepat reaksi sintesis hidrokarbon dari campuran $\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2$ yang disebut metoda Fisher Trops.⁴

Besi adalah logam yang unik dan mengagumkan, besi terkenal sangat kuat sehingga banyak dimanfaatkan sebagai jembatan, kerangka bangunan, pagar pelindung dsb. Namun besi juga mudah rapuh, dengan adanya udara yang mengandung oksigen dan uap air, besi dapat berkarat,

dan karat yang dihasilkan bukan saja memperburuk penampilan besi, tetapi juga menurunkan kekuatan besi sehingga menjadi rapuh.

2. KOMPLEKS BESI(II) DENGAN LIGAN SEDERHANA

Logam besi mudah larut dalam larutan asam encer menghasilkan gas hidrogen dan ion besi yang memiliki tingkat oksidasi +2 ditulis sebagai besi(II). Larutan ini berwarna hijau sangat muda, dan jika kita melihat sampai skala molekular, pada larutan ini sudah terbentuk kompleks besi(II) dengan air sebagai ligan sederhana.

2.1 Kompleks besi(II) dengan ligan air

Air memiliki lambang H_2O dan secara molekular atom O pada air memiliki dua pasang elektron bebas yang dapat disumbangkan pada ion logam besi(II) membentuk kompleks dengan rumus kimia $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Angka 6 pada rumus kompleks tersebut menunjukkan jumlah air yang mengelilingi ion besi(II) sehingga kompleks ini memiliki struktur ruang oktahedral.⁵

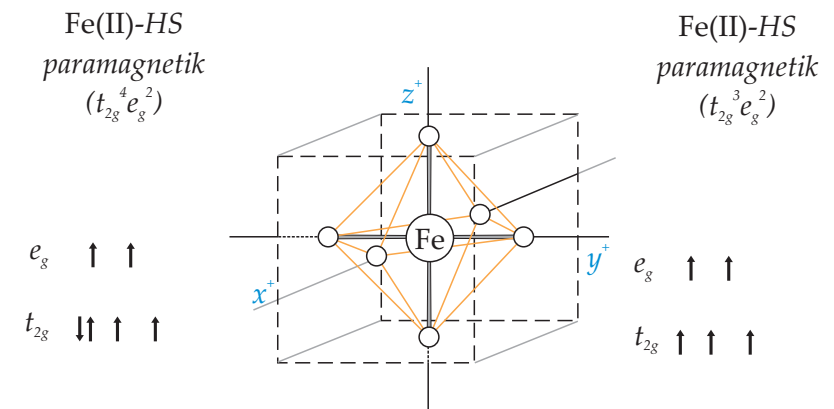
Keberadaan kompleks besi(II) dengan air sebenarnya sudah tidak asing bagi kita, di berbagai daerah di kota Bandung misalnya, air sumur banyak mengandung besi(II), sepiantas nampaknya seperti air jernih dan bersih, namun ketika air tersebut digunakan untuk mencuci pakaian terutama yang terbuat dari kain putih, maka setelah dijemur, pakaian

tersebut akan berwarna kuning dan kusam. Ini disebabkan kompleks besi(II) yang ada dalam air, melekat pada pakaian putih dan pada saat pengeringan mengalami oksidasi menjadi kompleks besi(III) dan selanjutnya menjadi oksida besi(III) yang berwarna kuning.

Contoh yang sama dapat dilihat pada dinding tebing sebuah sungai yang airnya berwarna hijau sangat jernih, tetapi tebing disekitar sungai tersebut berwarna kuning dan tampak kotor. Itu disebabkan adanya proses oksidasi kompleks besi(II) yang ada dalam air sungai oleh oksigen diudara membentuk kompleks besi(III). Dari kedua contoh tersebut, dapat disimpulkan bahwa kompleks besi(II) dengan air merupakan kompleks yang relatif kurang stabil di udara terbuka.

Dari dunia mikroskopik, besi(II) memiliki 6 buah elektron valensi yang menempati ruang yang disebut orbital $3d$, menghasilkan konfigurasi $3d^6$. Orbital d ada 5 buah dan dalam medan oktahedral orbital d tersebut terbelah menjadi 2 set orbital yang bergantung pada orientasinya. Tiga orbital yang terletak diantara sumbu Cartesian dikelompokkan sebagai $d(t_{2g})$ yang memiliki energi lebih rendah sedangkan dua orbital lainnya yang terletak pada sumbu Cartesian dikelompokkan sebagai $d(e_g)$ yang memiliki energi lebih tinggi. Pembelahan tingkat energi ini terjadi karena adanya medan ligan yang mengelilingi atom pusat besi tersebut. Suatu ligan dikatakan ligan kuat bila mampu membuat pembelahan orbital d yang relatif lebih besar dari pada energi yang diperlukan untuk memasangkan elektron.⁵

Air merupakan ligan lemah dan ketika mengelilingi besi(II) membentuk kompleks oktahedral $[\text{Fe}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$, medan ligan yang dibentuk oleh air tidak terlalu besar sehingga pembelahan orbital d pada besi(II) relatif kecil dan 6 elektron pada besi(II) berada pada konfigurasi $t_{2g}^4 e_g^2$. Ketika kompleks ini bereaksi dengan oksigen di udara, terbentuk kompleks $[\text{Fe}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ yang berwarna kuning dengan susunan electron $t_{2g}^3 e_g^2$. Dari susunan elektron pada kedua kompleks tersebut dapat difahami bahwa kompleks besi(III) lebih stabil dari kompleks besi(II). Susunan elektron pada kompleks besi(II) dan besi(III) dapat ditunjukkan pada Gambar-1 berikut.



Gambar-1: Susunan electron pada besi(II) dan besi(III)

Dari susunan elektron kedua kompleks tersebut, selain warna kompleks yang berbeda, ada hal yang lebih menarik yang dapat kita fahami, yaitu adanya elektron tunggal yang memberikan kontribusi pada

sifat paramagnetik suatu material. Pada kompleks besi(II) terdapat 4 elektron yang tunggal sedangkan pada kompleks besi(III) ada 5 elektron tunggal, jadi kompleks besi(II) dan kompleks besi(III) keduanya bersifat paramagnetik, tetapi sifat paramagnetik kompleks besi(III) lebih tinggi daripada kompleks besi(II). Karena kedua kompleks tersebut memiliki electron tunggal dalam jumlah maksimal maka keduanya berada dalam keadaan yang dikenal sebagai spin tinggi (*high-spin=HS*).

Pada saat pengeringan, kompleks besi(III) dengan air berubah menjadi padatan besi(III) oksida yang berwarna kuning. Warna kuning inilah yang menempel erat pada pakaian putih atau permukaan dinding tebing yang telah dibahas di atas.

2.2 Kompleks besi dengan sianida

Selain air yang dapat berfungsi sebagai ligan, kita berkenalan pula dengan spesi kimia lain yaitu sianida (CN). Ion sianida merupakan spesi kimia yang berbahaya, dalam suasana asam, ion sianida membentuk asam sianida HCN yang berupa gas, tidak berbau, tidak berwarna, namun sangat beracun. Ion sianida banyak digunakan pada proses ekstraksi emas dari bijihnya yang disebut pendulangan emas.

Kompleks besi(II) dengan sianida adalah kompleks yang sangat stabil, karena ion sianida merupakan spesi negatif yang lebih mudah tertarik pada ion logam sebagai spesi positif, selain itu struktur ion sianida yang

sangat linier memungkinkan ikatan kimia yang sangat terarah dan tepat sasaran ke pusat kompleks. Ion sianida adalah ligan yang kuat, lebih kuat dari air sehingga dapat menggantikan air membentuk kompleks $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. Kestabilan kompleks ini disebabkan 6 elektron pada besi(II) terkonsentrasi pada orbital t_{2g}^6 dan pada keadaan ini semua elektron berpasangan sehingga bersifat diamagnetik.

Kompleks ini dapat bereaksi dengan ion besi(III) membentuk kompleks baru $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ yang berwarna biru. Senyawa ini dikenal sejak lama sebagai pigmen biru yang disebut Biru Pussian yang digunakan sebagai pewarna tinta dan tekstil. Selain pemanfaatan sebagai pigmen, pembentukan berbagai kompleks tersebut berguna untuk menurunkan toksisitas sianida.⁵

3. KOMPLEKS BESI(II) DENGAN LIGAN RUMIT

Ligan rumit adalah ligan yang dalam molekulnya memiliki atom donor lebih dari satu dan atom donor yang sering dijumpai adalah atom donor nitrogen. Selain jumlah dan jenis atom donor, struktur ligan rumit sangat bervariasi. Contoh ligan porphyrin yang memiliki 4 donor atom nitrogen, terdapat dalam butir darah merah atau yang dikenal dengan hemoglobin.

3.1 Hemoglobin

Hemoglobin mengandung kompleks besi(II) yang memberi warna merah pada darah, juga memiliki fungsi utama sebagai pengangkut oksigen. Fungsi penting ini dapat dimengerti melalui struktur kimia hemoglobin yang unik dan mengagumkan.

Pada struktur hemoglobin, ion besi(II) berikatan dengan 4 atom nitrogen dari ligan porphyrin dan satu atom nitrogen dari protein membentuk kompleks $[\text{FeN}_5]^{2+}$. Karena besi(II) telah berikatan dengan 5 atom nitrogen maka dalam medan oktahedral tinggal satu peluang ikatan kimia yang tersisa dan itu cocok untuk oksigen. Ketika kita bernafas, oksigen akan memanfaatkan peluang tersebut dengan membentuk ikatan langsung pada besi(II) sehingga melengkapi struktur ruang oktahedral. Ikatan kimia antara oksigen dengan besi(II) pada hemoglobin relatif lemah, sehingga ketika darah mengalir keseluruh tubuh, maka oksigen dapat dilepaskan untuk keperluan pembakaran dalam tubuh kita. Selanjutnya kompleks besi(II) tersebut mengikat CO_2 sebagai hasil pembakaran dan dikeluarkan saat kita menghembuskan nafas.

Pengikatan dan pelepasan oksigen oleh hemoglobin terjadi secara terus menerus selama kita hidup, ini sungguh unik dan menakutkan dan membuktikan bahwa kompleks besi(II) dalam hemoglobin adalah material yang sangat cerdas. Kompleks besi(II) dalam hemoglobin mampu mengikat oksigen dan melepaskan karbon dioksida secara selektif, tidak pernah keliru, padahal baik oksigen maupun karbon

dioksida keduanya ada di udara. Selain itu, kompleks besi(II) dalam hemoglobin mampu memilah dan memilih oksigen di udara yang diketahui ada dalam konsentrasi sekitar 20% dan tidak berikatan dengan nitrogen yang berada dalam jumlah yang jauh lebih besar yaitu sekitar 79%.

Jika dibandingkan, kompleks besi(II) dengan air relatif mudah teroksidasi menjadi besi(III), namun pada hemoglobin, kompleks besi(II) mengikat oksigen secara langsung dan proses oksidasi seperti pada kompleks besi(II) dengan air, tidak terdeteksi sehingga hemoglobin masih dapat mempertahankan sistem angkut oksigen dalam darah, ini sungguh mengagumkan.

Yang harus dihindari adalah jika ada karbon monoksida yang berasal dari pembakaran material yang tidak sempurna. Karbonmonoksida termasuk ligan yang sangat kuat mirip dengan sianida, sehingga dapat menggantikan oksigen dan berikatan dengan besi(II) dalam hemoglobin dan merusak fungsi hemoglobin sebagai pengangkut oksigen. Walaupun karbonmonoksida ada dalam jumlah yang relatif kecil, tetapi karena ikatan dengan kompleks besi(II) dalam hemoglobin sangat kuat dapat meracuni dan bahkan dapat menyebabkan kematian.

Beberapa waktu yang lalu, ada berita mengenai kematian beberapa orang penggali tambang liar yang terjebak dalam sebuah gua. Ini terjadi karena kelalaian orang-orang yang secara tidak sengaja membakar karet ban bekas di mulut gua tersebut. Pembakaran karet dengan oksigen

terbatas menghasilkan karbonmonoksida yang merupakan ligan kuat sehingga berikatan dengan besi(II) pada hemoglobin dan ini membuat hemoglobin tidak mampu lagi mengangkut oksigen.

Kasus serupa terjadi pula pada kematian orang yang secara tidak sengaja memanaskan mesin mobil dalam garasi tertutup. Karena jumlah oksigen tidak memadai, pembakaran bahan bakar dalam mesin mobil menghasilkan gas karbonmonoksida, dan gas karbonmonoksida ini, walaupun jumlahnya relatif kecil, tetapi sangat suka berikatan dengan besi(II) pada hemoglobin sehingga meracuni peran hemoglobin sebagai pengangkut oksigen. Dengan memahami ikatan karbonmonoksida pada kompleks besi(II) ini, disarankan untuk pemanasan mesin kendaraan bermotor dilakukan pada tempat terbuka.

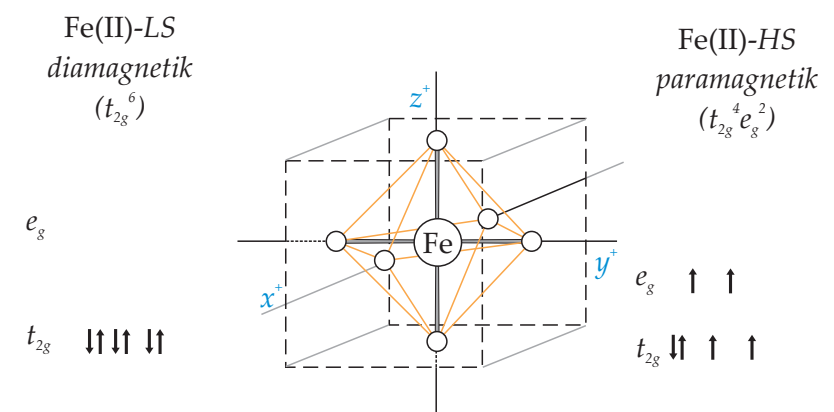
3.2 Kompleks besi(II) dengan ligan turunan 2,2'-bipiridin

Ligan 2,2'-bipyridine(bpy) adalah ligan yang memiliki 2 atom donor nitrogen. Ligan ini juga termasuk ligan kuat, dengan besi(II) membentuk kompleks yang sangat stabil dengan rumus kimia $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$ atau $[\text{FeN}_6]^{2+}$. Kompleks ini berwarna merah mirip butir darah merah dan memiliki kestabilan tinggi. Kompleks ini digunakan sebagai cara analisis dengan metoda spektroskopi sinar tampak dan dapat juga dimanfaatkan sebagai katalis untuk reaksi fotodegradasi polutan organik.⁶

Ketika salah satu molekul bpy diganti dengan 2 anion tiosianat(NCS^-), terbentuk kompleks baru dengan rumus kimia $[\text{Fe}(\text{bpy})_2(\text{NCS})_2]$. Yang

unik, kompleks ini bersifat paramagnetik pada temperatur ruang dan ketika temperatur diturunkan terjadi perubahan menjadi diamagnetik dan perubahan ini berlangsung secara reversible.⁷

Secara teoritis, bpy adalah ligan kuat, sedangkan anion tiosianat adalah ligan yang relatif lebih lemah dari bpy. Campuran dua ligan tersebut menghasilkan medan ligan menengah yang memungkinkan transisi elektron dari $t_{2g}^4 e_g^2$ menjadi t_{2g}^6 dengan gangguan perubahan temperatur. Ketika elektron berada pada keadaan $t_{2g}^4 e_g^2$ disebut kompleks spin tinggi dan karena ada 4 elektron yang tidak berpasangan, menyebabkan sifat paramagnetik, namun pada susunan t_{2g}^6 kompleks berada dalam keadaan spin rendah dan karena semua elektron berpasangan dan bersifat diamagnetik. Fenomena seperti ini disebut transisi spin atau *spin crossover*(SCO) karena secara teoritis, perubahan dua keadaan itu melibatkan perubahan spin elektron pada besi(II) yang diperlihatkan pada Gambar-2.

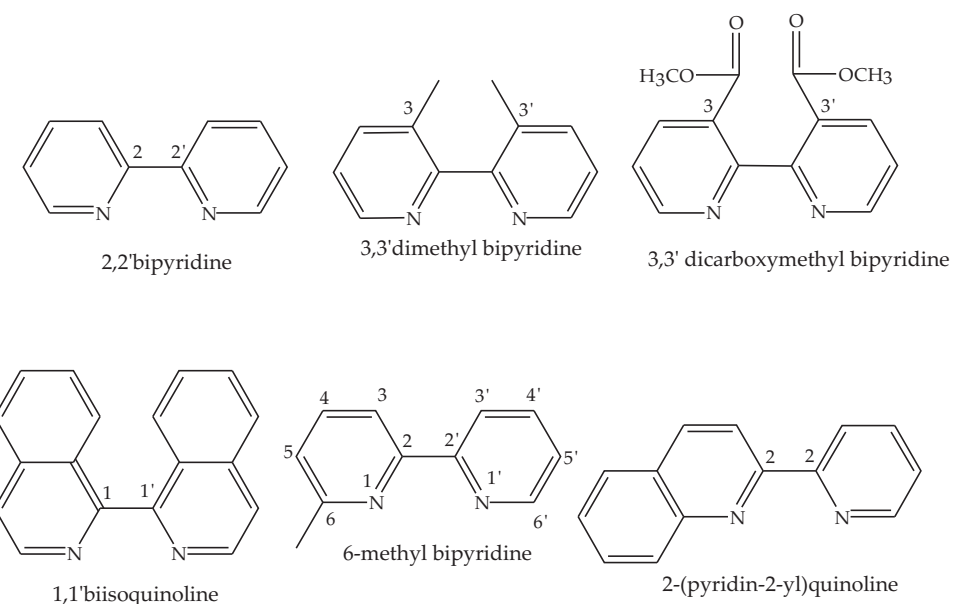


Gambar-2: Fenomena transisi spin pada besi(II)

Model penggantian satu molekul ligan bpy dengan ion NCS^- telah dilanjutkan dengan menggunakan anion lain seperti NCSe^- juga $[\text{N}(\text{CN})]^-$ dan kompleks besi(II) yang dihasilkan hampir semua mampu menangkap gangguan perubahan temperatur dan membangkitkan respon perubahan sifat magnetik yang relatif kontras.

Untuk mendapatkan kompleks besi(II)-SCO, telah dilakukan strategi cerdas lain berupa modifikasi struktur ligan bpy. Modifikasi ini dilakukan karena atom-atom karbon di posisi 3 dan 6 pada lingkaran piridin memegang peran penting pada pembentukan kompleks baru. Modifikasi dilakukan dengan substitusi atom H pada atom C di posisi 3 dan 6 dengan gugus yang lebih ruah seperti gugus methyl (CH_3) dan gugus phenyl (C_6H_5).

Modifikasi struktur ligan pada posisi C-3 menghasilkan ligan-ligan 3,3'-dimethyl bipyridine (dmbpy), 3,3'-dicarboxymethylbipyridine (dcmb) dan 1,1'-biisoquinoline (biq). Sedangkan modifikasi struktur ligan pada posisi C-6 menghasilkan ligan 6-methyl bipyridine (mbpy) dan 2-(pyridine-2-yl) quinoline (pq).⁸⁻¹¹ Struktur ligan bpy dan turunannya dapat dilihat pada Gambar-3.



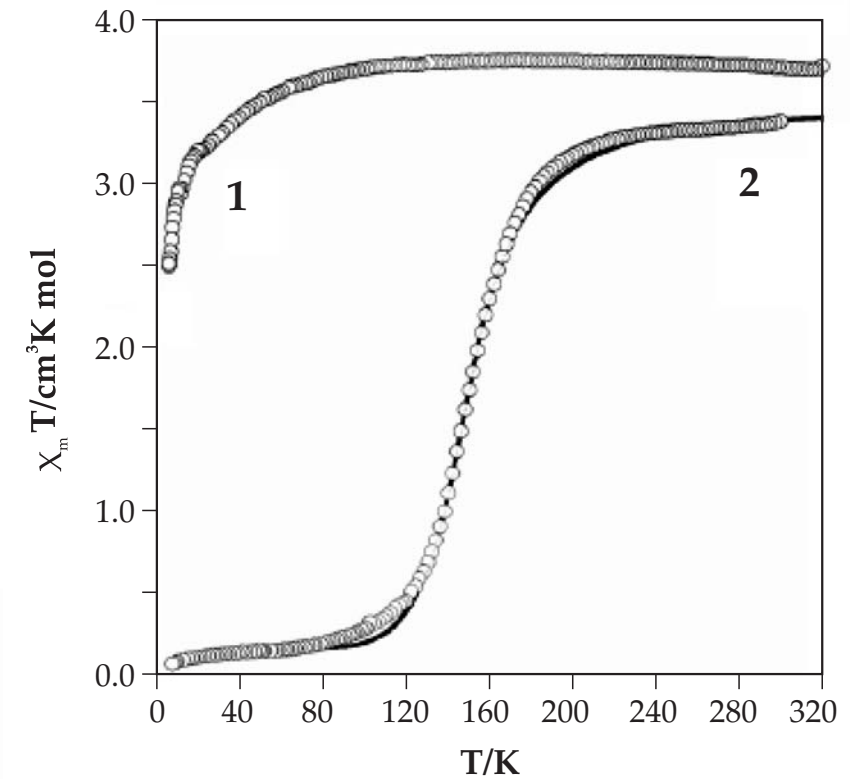
Gambar-3: Struktur ligan bpy dan turunannya

Kompleks besi(II) dengan ligan-ligan turunan bpy menghasilkan kompleks $[\text{FeN}_6]^{2+}$ dengan pola transisi yang sangat bervariasi. Kompleks besi(II) dengan ligan dmbpy, dcmb dan biq pada temperatur 100K menunjukkan keadaan spin rendah namun pada temperatur ruang hanya sekitar 50-60% berubah menjadi spin tinggi, jadi transisi spin berlangsung secara tidak tuntas dan berlangsung pada rentang temperatur yang panjang.⁸⁻⁹

Pengamatan yang berbeda terjadi pada kompleks besi(II) dengan mbpy, pada temperatur ruang diperoleh keadaan spin tinggi dan sampai temperatur 100K hanya sekitar 10% yang berubah menjadi spin rendah. Namun pada kompleks ini efek termokromiknya sangat menonjol,

dimana pada temperatur ruang berwarna kuning tetapi ketika temperatur diturunkan berubah warna menjadi merah violet.¹⁰⁻¹¹

Yang lebih unik terjadi pada kompleks besi(II) dengan ligan pq, dimana perbedaan anion dapat menghasilkan kompleks dengan karakteristik sangat berbeda. Awalnya kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{ClO}_4)_2$ memiliki karakteristik mirip dengan kompleks besi(II) dengan ligan mbpy, yaitu pada temperatur ruang berada dalam keadaan spin tinggi. Ketika temperatur diturunkan sampai 4K, diamati penurunan sifat magnetik yang berarti ada sebagian yang berubah menjadi spin rendah, namun perubahannya relatif kecil. Tetapi ketika anion perklorat diganti dengan tetrafluoroborat, diperoleh kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$ dengan perilaku yang sangat mengagumkan. Pada temperatur ruang menunjukkan keadaan spin tinggi (bersifat paramagnetik) dan dengan penurunan temperatur seluruhnya berubah menjadi spin rendah (bersifat diamagnetik). Perubahan ini terjadi secara tuntas dan berlangsung pada rentang temperatur yang relatif pendek dengan temperatur transisi $T_{1/2} = 150\text{K}$. Karakter magnetik kedua kompleks besi(II) tersebut diperoleh dari pengukuran suseptibilitas magnetik pada temperatur ruang sampai 4K menggunakan helium cair dan pola perubahan sifat magnetik telah digambarkan seperti yang terlihat pada Gambar-4.

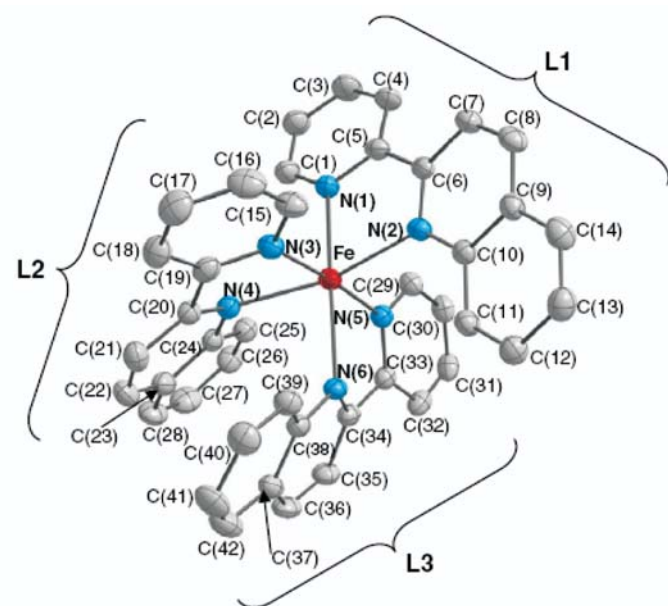


Gambar-4: Pola sifat magnetik kompleks (1) $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{ClO}_4)_2$ dan (2) $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$

Dari pengamatan tersebut dapat disimpulkan bahwa kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$ merupakan material cerdas yang mampu menerima respon perubahan temperatur dan menanggapi dalam bentuk perubahan sifat magnetik.¹²

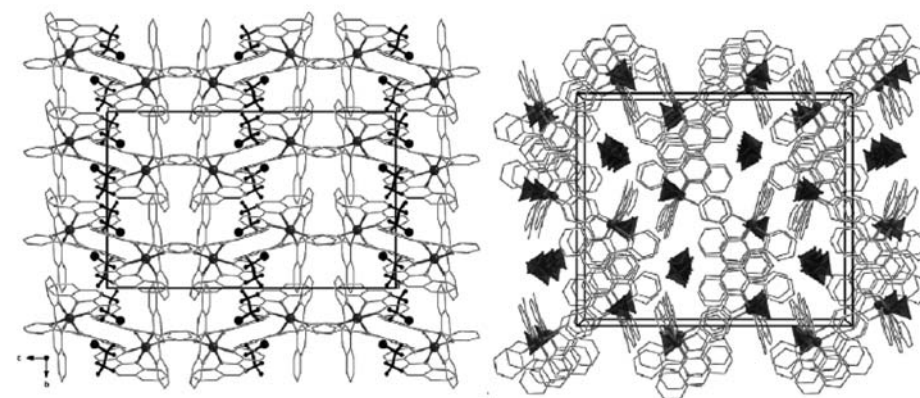
Selain perubahan sifat magnetik, fenomena SCO dapat dideteksi dengan perubahan panjang ikatan antara ion besi(II) dan atom donor Nitrogen. Panjang ikatan ini diperoleh dari analisis kristal tunggal

kompleks tersebut. Kristal tunggal suatu kompleks tidak mudah untuk diperoleh, berbagai teknik menumbuhkan kristal tunggal telah dilakukan dan ketika kristal tunggalnya berhasil ditumbuhkan, banyak informasi struktur kompleks secara detail dapat diketahui. Analisis struktur kompleks dilakukan dengan metoda difraksi sinar-X kristal tunggal baik pada temperatur ruang maupun pada temperatur rendah. Analisis menunjukkan kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{ClO}_4)_2$ dan $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$ memiliki struktur inti yang sama yaitu $[\text{FeN}_6]^{2+}$ seperti ditunjukkan pada Gambar-5. Selain dari itu, panjang ikatan Fe-N rata-rata pada kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$ pada 95K menurun sebesar 0,194Å dibanding pada temperatur ruang.¹² Data ini memberi kepastian bahwa fenomena SCO terjadi pada kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3](\text{BF}_4)_2$ tersebut.



Gambar-5: Struktur kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3]^{2+}$

Dari studi kristal tunggal, ditemukan pula molekul etanol yang terletak di antara molekul kompleks.¹² Molekul etanol tersebut berasal dari pelarut yang digunakan pada saat sintesis kompleks dan terjebak pada molekul kompleks saat pertumbuhan kristal. Temuan ini sangat mengagumkan, karena etanol adalah zat yang mudah menguap dan biasanya terlepas dari molekul kompleks saat pengeringan. Gambar-6 kiri menunjukkan keberadaan molekul etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dalam kompleks yang diperoleh dengan proyeksi molekul kompleks pada bidang *bc* sedangkan Gambar-6 kanan merupakan proyeksi molekul kompleks pada bidang *ac* untuk menunjukkan keberadaan anion tetrafluoroborat (BF_4^-).



Gambar-6: Proyeksi kompleks $[\text{Fe}(\text{pq})_3]^{2+}$ pada bidang *bc* (kiri) dan pada bidang *ac* (kanan)

Molekul kompleks besi(II) yang digambarkan secara global itu sungguh sangat mengagumkan, paduan teknologi, seni dan kimia memungkinkan pengamatan ilmiah pada spesi kimia yang kita sebut

sebagai material cerdas dan unik. Pengalaman melihat keindahan molekul kompleks sungguh membahagiakan, mirip dengan yang dilihat oleh Roald Hofmann pada artikelnya *The beauty of a molecule*.¹

Fenomena SCO pada kompleks besi(II) juga dapat dideteksi dengan spektrum Mössbauer.¹⁴ Teknik ini menggunakan sumber radiasi sinar gamma yang berasal dari zat radioaktif yang memiliki waktu paro sekitar 1 tahun, artinya digunakan atau tidak aktifitas sumber zat radioaktif itu menurun sebanyak 50% dalam kurun waktu 1 tahun. Spektrum Mössbauer menghasilkan garis-garis resonansi yang sangat berbeda untuk besi(II) pada keadaan spin rendah maupun pada keadaan spin tinggi dan ada 2 parameter penting yaitu *Isomer shift* dan *quadrupole splitting* yang khas bagi dua keadaan tersebut. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan besarnya fraksi spin tinggi terhadap spin rendah yang ada dalam kompleks besi(II)-SCO.

Barangkali kita tidak berhenti hanya mengagumi keindahan molekul kompleks, tentu kita ingin mendapatkan manfaat lebih jauh dari material cerdas ini. Berikut ini akan diulas sedikit aplikasi kompleks besi(II)-SCO berdasarkan karakteristik material cerdas yang dimilikinya.

4. APLIKASI KOMPLEKS BESI(II)-SCO

Seperti telah dijelaskan di atas, kompleks besi(II)-SCO memiliki dua keadaan stabil yaitu keadaan spin rendah yang bersifat diamagnetik dan keadaan spin tinggi yang bersifat paramagnetik. Keadaan spin rendah

dapat beralih menjadi spin tinggi ketika ada gangguan peningkatan temperatur, demikian pula peralihan dari spin tinggi ke spin rendah dapat terjadi ketika temperatur diturunkan. Peralihan dua keadaan tersebut memungkinkan aplikasi kompleks besi(II)-SCO sebagai saklar molekular yang kerjanya mirip saklar listrik ON dan OFF. Selain gangguan temperatur senyawa kompleks besi(II)-SCO juga peka terhadap gangguan perubahan tekanan bahkan radiasi sinar elektromagnetik. Kita mengenal layar TV yang operasionalnya cukup disentuh oleh jari tangan kita (*touchable screen*), itu merupakan contoh aplikasi material cerdas yang peka terhadap gangguan tekanan.

Selain untuk saklar, kompleks besi(II)-SCO berpotensi sebagai material penyimpan data (*memory*)¹³, namun untuk keperluan ini, kompleks tersebut harus memiliki *hysteresis* yang lebar dan struktur kompleks berupa kompleks polimerik. *Hysteresis* terjadi karena perbedaan temperatur transisi pada saat temperatur dinaikkan berbeda dengan saat temperatur diturunkan. Jadi jejak perubahan transisi pada proses penurunan temperatur tidak tepat sama dengan jejak perubahan transisi pada peningkatan temperatur. Makin besar pola perbedaan jejak perubahan transisi, makin lebar pola *hysteresis* yang terjadi.

Kompleks polimerik dapat dibuat dengan merakit kompleks monomerik dengan ligan-ligan yang dapat menjembatani ion-ion logam. Ligan jembatan adalah ligan yang mengandung atom donor lebih dari satu dan berorientasi ke berbagai arah sehingga memungkinkan ikatan

dengan ion logam yang berbeda. Ligan oksalat merupakan salah satu contoh ligan jembatan dimana atom-atom oksigen pada ion oksalat dapat berikatan dengan ion logam membentuk struktur rantai atau lingkaran. Kompleks polimerik memiliki kemampuan kooperatif yang tinggi antar inti kompleks sehingga informasi yang diteruskan terjadi secara kontinu dan berkesinambungan.

Berbagai aspek mengenai kompleks besi(II)-SCO telah dipelajari baik dari segi teori, aplikasi bahkan perkembangan dan masa depannya. Secara detail semua terekam pada buku *Top Current Chemistry* sebanyak 3 volum, yang telah dipublikasikan oleh para ahli pada tahun 2004.⁷

Untuk aplikasi, yang menjadi primadona adalah kompleks besi(II) dengan ligan amino-triazole($\text{NH}_2\text{-Trz}$), karena selain perubahan sifat magnetik berlangsung di daerah temperatur ruang, sifat termokromiknya sangat kontras dan struktur kompleksnya mampu membentuk polimerik multi dimensi. Satu lulusan program doktor Kimia ITB yang telah diwisuda pada tahun 2007, telah melakukan sintesis kompleks $[\text{Fe}(\text{NH}_2\text{-Trz})_3]^{2+}$ sebagai bagian dari disertasinya.¹⁴ Pada suhu ruang kompleks besi(II) tersebut berwarna pink dan ketika dipanaskan berubah menjadi putih. Perubahan warna kompleks tersebut dapat dilihat pada Gambar-7.



Gambar-7: Perubahan warna kompleks $[\text{Fe}(\text{NH}_2\text{-Trz})_3]^{2+}$

Bersama Dr. Irma Mulyani dan Mimin Aminah, kami mencoba membuat suatu alat uji sensitifitas kompleks itu terhadap temperatur. Alat uji itu berupa wadah yang permukaannya dilapisi bahan polimer yang mengandung kompleks besi(II) tersebut. Pelapisan itu dilakukan dengan teknik *spray-coating* dan sebagai tema memorial tahun ini, desain yang dipilih adalah Dies Emas ITB. Walaupun sangat sederhana, kami dapat membuktikan kompleks besi(II) dengan ligan amino triazole tersebut sensitif terhadap temperatur dan transisi yang terjadi cukup tajam, bahkan efek hysteresis dari kompleks besi(II) tersebut dapat diamati.

5. PENUTUP

Kompleks besi(II)-SCO termasuk material cerdas, karena dapat menangkap sinyal perubahan temperatur dan memberikan respon perubahan sifat magnetik yang disertai dengan perubahan warna. Namun untuk memahami kecerdasannya secara akurat, diperlukan instrumentasi canggih lengkap dengan zat pendukung yang memadai. Contohnya untuk mengamati perubahan sifat magnetik secara akurat diperlukan alat ukur susceptibilitas magnet dengan temperatur bervariasi. Untuk memahami struktur kompleks diperlukan alat difraksi sinar-X kristal tunggal dan untuk memahami rasio fraksi spin tinggi terhadap spin rendah diperlukan spektroskopi Mössbauer dengan sumber radiasi dan target sampel dari bahan radioaktif. Semua alat ukur memerlukan nitrogen cair bahkan

helium cair agar pengamatan dapat dilakukan sampai temperatur rendah 4K.

Tidak tersedianya peralatan yang canggih dan material pendukungnya tidak harus membuat kita pesimis. Upaya yang telah dilakukan adalah menjalin kolaborasi dengan peneliti di berbagai Negara maju yang memiliki fasilitas tersebut.¹⁵ Untuk menjalin kolaborasi, diperlukan keberanian untuk menawarkan potensi apa yang kita miliki dan apa yang kita inginkan dari mitra peneliti. Pengalaman menunjukkan kolaborasi dengan mitra dari negara lain menghasilkan berbagai manfaat nyata. Selain memperoleh kesempatan menggunakan peralatan, kolaborasi juga menghasilkan ide-ide cerdas dan inovatif sehingga mendorong semangat untuk tekun melakukan penelitian dan mempertahankan kolaborasi yang telah terjalin.

Dari pengalaman menjalin kolaborasi, faktor utama yang harus diperhatikan adalah ketertarikan pada bidang penelitian yang sama, karena *Research interest* yang sama dapat membuat kolaborasi berlangsung secara berkesinambungan. Selanjutnya potensi apa yang bisa kita tawarkan pada kolaborasi tersebut? Ada dua hal yang saya temukan yaitu kemampuan melakukan sintesis dan menumbuhkan kristal tunggal. Kemampuan ini berkembang dari pengalaman dan merupakan keahlian atau ketrampilan khusus yang bergantung pada keseriusan individu. Potensi tersebut tidak memerlukan investasi yang besar tetapi keberhasilannya ditentukan oleh ketekunan dan semangat untuk

mencapai kesuksesan.

Kiranya pengalaman ini boleh membuka wawasan, membangkitkan inspirasi dan memberikan kontribusi pada masyarakat pencinta ilmu pengetahuan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan dan Anggota Majelis Guru Besar ITB atas kehormatan yang diberikan untuk saya menyampaikan pidato ilmiah di hadapan para hadirin sekalian.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, saya ingin menyampaikan penghormatan dan ucapan terima kasih pada mamie Riboot, tante Denes, keluarga besar Onggo, ibu mertua Cicah Laenah dan keluarga besar Tanuel Gandasumita, atas kasih sayang yang dilimpahkan. Khusus kepada suami tercinta bapak Aceng Tanto Budiman dan ananda Alexander atas dukungan, kesabaran dan kebersamaan dalam menjalani hidup. Terima kasih pada kakak-kakak: keluarga Benyamin Suganda, keluarga Robby Onggowarsito, Dr. Tino Mutiarawati, Dra. Yani Setiawati, Ir. Holia Onggo dan adik ipar Dessy yang telah memberikan dukungan dalam berbagai cara yang unik.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Prof. Dr. Susanto Imam Rahayu dan Prof. Dr. H. A. Goodwin(UNSW), yang telah membimbing saya melakukan penelitian material kimia Anorganik yang unik dan

mengagumkan. Terima kasih saya sampaikan kepada bapak Rektor ITB, bapak Dekan FMIPA Prof. Dr. Akhmaloka, Wakil Dekan Dr. Puji Astuti, Dr. Idam Arief beserta jajarannya atas kesempatan dan dukungan yang diberikan pada saya untuk mengabdikan dan melakukan kegiatan akademik di ITB. Saya mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Buchari, Prof. Dr. Lilik Hendradjaja, Prof. Dr. Euis Holisotan Hakim dan Prof. Dr. Edy Soewono yang telah mempromosikan saya pada jabatan akademik ini. Terima kasih saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ismunandar dan rekan-rekan di KK Kimia Fisik dan Anorganik, khususnya Prof. Dr. Cynthia L. Radiman atas kerjasama yang erat dan saling mendukung dalam kegiatan akademik maupun dalam menciptakan atmosfer riset yang menyenangkan. Terimakasih pada teman-teman dari Kimia FMIPA UI: Dr. Riwardi Sihombing, Ismunaryo Moenandar, M. Phil, Prof. Wahyudi Priyono, Riswiyanto, MSi atas kepercayaan membangun kolaborasi dalam kegiatan olimpiade kimia. Saya sampaikan pula terima kasih pada Dr. Deana Wahyuningrum yang sudah membantu menggambarkan struktur kimia yang unik, juga pada Prof. Dr. K. H. Sugiyarto yang telah menyumbangkan gambar-gambar penunjang transisi spin. Pada para Dosen di ITB, para pejabat, karyawan dan mahasiswa di ITB baik program sarjana maupun pasca sarjana, yang tidak sempat disebutkan namanya satu persatu, saya mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada bapak dan ibu serta para hadirin sekalian atas kehadiran, perhatian dan kesabarannya

selama mendengarkan pidato ini. Mohon maaf sekiranya dalam penyampaian ini ada hal yang kurang berkenan.

Berkat Tuhan menyertai kita sekalian.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Joesten, M.D., Johnston, D. O., Netterville, J. T., Wood, J. L., *World of Chemistry*, Saunders College Publishing, 1991.
2. Ariwahjoedi, B., *Material Cerdas Apakah itu?*, Pertemuan kelompok Kimia Fisik dan Anorganik, Kimia FMIPA-ITB, 19 Maret 2001
3. Brown, T. L., Lemay, H. E. Jr, Busten, B. E., Murphy, C. J., *Chemistry The Central of Science*, 11^{ed}, Prentice Hall, 2009
4. King, R. B. (ed), *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, 1995
5. Housecroft, C. E., and Sharpe, A. G., *Inorganic Chemistry* 3rd ed, 2008
6. Cheng, M., Wanhong M. A., Chen, C., Yao, J., and Zhao, J., *Photocatalytic degradation of Organic Pollutants catalyzed by layered iron(II) bipyridine complex-clay hybrid under visible irradiation.*, *Applied Catalysis B: Environmental*, 2006, 65, 217
7. Gütlich, P., and Goodwin, H. A., *Spin Crossover in Transition Metal Compounds 1-3*, *Top Current Chemistry*, Springer-Verlag, 2004
8. Onggo, D., *Coordination of Nitrogen Containing Heterocycles Derived from 2,2'-bipyridine*, Disertasi UNSW, 1990
9. Craig, D. C., Goodwin, H. A., and Onggo, D., *Steric Influences on The Ground State of Iron(II) in The tris(3,3'-dimethyl-2,2'-bipyridine)*

iron(II) ion, Aust. J. Chem., 1988, 41, 1157

10. Onggo, D., Hook, J. M., Rae, A. D., and Goodwin, H. A., *The Influence of steric effects in substituted 2,2'-bipyridine*, Inorg. Chim. Acta., 1990, 173, 19
11. Onggo, D., Craig, D. C., Rae, A. D., and Goodwin, H. A., *Coordination of 6-methyl-2,2'-bipyridine*, Aust. J. Chem., 1991, 44, 219
12. Jahro, I. S., Onggo, D., Ismunandar, Rahayu, S. I., Muñoz, M. C., Gaspar, A. B., Seredyuk, M., Gütllich, P., Real, J. A., *Synthesis, crystal structure and magnetic properties of the spin crossover system [Fe(pq)₃]²⁺*, Inorg. Chim. Acta., 2008, 361, 4047
13. Khan, O., and Martinez, C. J., *Spin Transition Polymers: from Molecular Materials toward Memory Devices*. Science 1998, 279, 44
14. Jahro, I. S., *Fenomena Transisi Spin Kompleks Besi(II) pada Kompleks Mangan(II)-Kromium(III) Oksalat*, Disertasi ITB, 2007
15. Onggo, D., and Real, J. A., *International Collaboration in Coordination Chemistry Research*, International Technology, Education and Development Conference (INTED-2008) Valencia-Spain

CURRICULUM VITAE



Nama : **Prof. DJULIA ONGGO, Ph.D**
Tempat, tgl lahir : Yogyakarta, 30 Sept 1955
Alamat Kantor : KK Kimia Fisik dan Anorganik
FMIPA-ITB
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
E-mail : djulia@chem.itb.ac.id
Nama Suami : Aceng Tanto Budiman
Nama Anak : Alexander Ch Budiman

RIWAYAT PENDIDIKAN:

- ♦ Doctor of Philosophy, The University of New South Wales, Australia, 1985-1990
- ♦ Sarjana Kimia Institut Teknologi Bandung, 1977-1982

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL di FMIPA-ITB:

- ♦ Guru Besar, 2008
- ♦ Lektor Kepala, 2001
- ♦ Lektor, 1999
- ♦ Lektor Muda, 1994
- ♦ Asisten Ahli Madya, 1988

RIWAYAT PENUGASAN di ITB:

- ♦ Ketua Program Studi Magister Pengajaran Kimia, 2008
- ♦ Pengelola Perpustakaan Prodi Kimia, 2004
- ♦ Ketua lab Kimia Anorganik FMIPA ITB, 2000

PENGHARGAAN:

- ♦ Satyalancana Karya Satya 20 Tahun dari Presiden RI, 2001
- ♦ Pengabdian 25 Tahun dari ITB
- ♦ Satyalancana Karya Satya 30 Tahun dari Presiden RI, 2009
- ♦ Sertifikasi Pendidik dari Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, 2009

PENGALAMAN MENULIS BUKU:

- ♦ Ismunandar, Onggo, D., Sihombing, R., Moenandar, I., Olimpiade Kimia Internasional, Wahyu Media, 2008
- ♦ Sihombing, R., Moenandar, I., Onggo, D., Ismunandar, Olimpiade Kimia SMA Nasional, Wahyu Media, 2009

PENGALAMAN KERJASAMA DENGAN:

- ♦ Prof. Dr. Bohari M. Yamin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia, sejak 1995.
- ♦ Prof. Dr. Ibrahim Baba, Fakultas Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia, sejak 1995.
- ♦ Prof. Dr. Jose A. Real, Departament de Quimica Inorganica/Institut de Ciencia Molecular, Universitat de Valencia, Burjassot (Valencia) Spanyol, sejak 2002.
- ♦ Dr. Petra van Koningsbruggen, Stratingh Institute of Chemistry and Chemical Engineering University of Groningen, The Netherlands, 2006.
- ♦ Dr. Wesley R. Browne, Organic Chemistry Laboratory, Stratingh Institute for Chemistry & Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen, The Netherlands, sejak 2007.

PENGALAMAN SEBAGAI PEMBIMBING PADA INTERNATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD:

- ♦ 35th IChO Athena -Yunani, Juli 2003
- ♦ 36th IChO Kiel-Germany, Juli 2004
- ♦ 37th IChO Taipei-Taiwan, Juli 2005
- ♦ 38th IChO Geongsan- Korea, Juli 2006
- ♦ 39th IChO Moskow-Rusia, Juli 2007
- ♦ 40th IChO Budapest-Hungaria, Juli 2008
- ♦ 41th IChO Cambridge-United Kingdom, Juli 2009

