

KOMPLEKS BESI (II) DENGAN LIGAN  
1,10-FENANTROLIN  
4,7-DIMETIL-1,10-FENANTROLIN  
DAN 4,7-DIFENIL-1,10-FENANTROLIN  
KARAKTERISASI SECARA SPEKTROMETRI  
ULTRAUNGU TAMPAK

*Dra. Adelina Simamora, MS\**

**Abstract**

*The bonding modes of Fe (II) to 1,10-Phenanthroline (Phen), 4,7-Dimethyl-1,10-Phenanthroline (DMF), and 4,7-Diphenyl-1,10-Phenanthroline (DFF) are studied through their typical ligand and complexes spectra. The ligand spectra in ultraviolet region confirm the bond in the complexes, which come from the donation of lone pairs electrons of ligand to vacant d orbital of metal. Bathochromic shifts due to widened conjugation are happened because the metal joins the ligand  $\pi$  system. The broad shoulder shape spectra in visible region which exhibit distinct high molar absorptivity are very typical for this class of complexes. The spectra differentiate them from the usual d-d transition. The intensely coloured complexes are due to electronic transition of  $t_{2g} \rightarrow e_g^*$  (MLCT : Metal Ligand Charge Transfer). The maximum peak for each complex is 510 nm for Phen complex, 513 nm for DMF complex, and 530 nm for DFF complex. Complexation will further stabilize the  $t_{2g}$  level of this low oxidation number metal. The stoichiometry of complexes which are done by mole ratio method give identical result for each ligand, that is  $Fe(Phen)_3^{2+}$ ,  $Fe(DMF)_3^{2+}$ ,  $Fe(DFF)_3^{2+}$ . The substituent effect of group number 4 and 7 in Phen structure to the bonding energy of complexes are proved by the linear relation between excitation energy and Hammett parameter for each group.*

**Pendahuluan**

Ligan-ligan bertipe feroin adalah kelompok ligan yang di dalam struktur molekulnya mengandung gugus  $-N=C-C=N-$  ( $\alpha$  - diimin). Kekhususan ligan- ligan

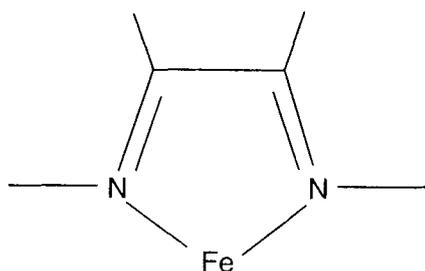
---

\* Dosen Fakultas Kedokteran Ukrida

## KOMPLEKS BESI .....

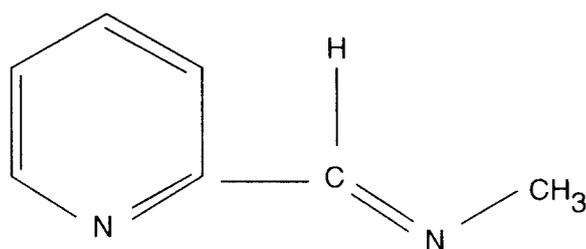
kelas ini adalah kemampuannya membentuk kompleks yang stabil dengan ion-ion logam transisi seperti Fe (II), Co (II) dan Cu (II). Ligan tipe feroin memiliki kemampuan menstabilkan ion-ion logam pada keadaan bilangan oksidasi rendah. Kekhasan yang lain adalah warna kompleks yang kuat. Sifat inilah yang membuatnya banyak dipakai sebagai indikator untuk keperluan analisis.

Ikatan  $\sigma$  yang dibentuk antara atom-atom N dalam ligan feroin dengan ion pusat ( $d^2 sp^3$ ) tidak cukup untuk menjelaskan fakta kestabilan ekstra. Kekhasan kompleks feroin tidak dimiliki oleh kompleks dengan ligan amonia dan etilen diamin. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan tidak jenuh dalam ligan-ligan feroin mempunyai peranan yang penting, sehingga membedakannya dari kelas ligan amina alifatik. Krumholz seperti dikutip oleh Busch dan Bailar<sup>1,2</sup> menyimpulkan bahwa ikatan ganda dalam ligan-ligan feroin berperan dalam pembentukan kromofor besi (II). Kromofor ini berhubungan dengan ikatan antara besi (II) dan struktur  $\alpha$ - diimin, dan dikenal dengan sebutan kromofor besi (II) – metin.



Gambar 1. Kromofor besi (II) - metin. Ikatan berasal dari pasangan elektron bebas orbital d yang tidak terhibridisasi dengan sistem ligan.

Di dalam kompleks Fe (II) terjadi ikatan  $\pi$  antara pasangan elektron orbital d yang tidak terhibridisasi dengan ligan yang terkonjugasi. Sistem  $\pi$  yang telah ada pada ligan mendorong terjadinya donasi elektron ion logam ke arah ligan. Piridinalmetilenimin yang dikoordinasikan dengan Fe(II) dipakai untuk mendapatkan hubungan struktur antara 2,2 – bipyridin dan  $\alpha$  - diimin, karena di dalam gugus molekulnya mengandung satu bagian gugus amina aromatis seperti yang ada pada 2,2 – bipyridin, dan satu bagian gugus imin seperti yang dimiliki oleh  $\alpha$  - diimin<sup>1</sup>.



Gambar 2 : Piridinalmetilenimin, dalam strukturnya mengandung satu gugus amina aromatis dan satu gugus imin.

Penggantian substituen pada struktur  $\alpha$  - diimin akan menggeser panjang gelombang serapan kompleks. Namun demikian pengaruh terbesar terjadi pada struktur diimin alifatik. Penggantian satu atom dengan gugus fenil akan menyebabkan terjadinya pergeseran merah (batokromik) sampai 50 nm, dengan dua gugus etil akan menyebabkan pergeseran sampai sekitar 20 nm.

Fenantrolin adalah salah satu jenis ligan tipe feroin. Di dalamnya mengandung dua cincin piridin yang mengapit satu cincin benzen. Masing-masing akan memberikan puncak serapan transisi elektronik yang berbeda pada daerah ultraungu. Pengompleksan ion besi (II) terhadap fenantrolin akan menghasilkan perubahan puncak-puncak energi eksitasi yang akan tampak pada spektra transisi elektronik ultraungu-tampak kompleks maupun ligan terkompleks. Perubahan yang sama juga akan dapat dilihat melalui spektra IR kompleks. Dipakainya dua derivat fenantrolin yang berbeda gugus molekulnya pada posisi 4 dan 7 memperjelas pengaruh substituen tersebut terhadap pengompleksan melalui gambaran spektra transisi elektronik kompleks maupun ligan terkompleks.

Secara kuantitatif pengaruh substituen dalam struktur induk ditunjukkan dengan nilai parameter Hammet.<sup>3,4,5</sup> Secara umum ia menurunkan persamaan untuk senyawaan meta dan para  $XC_6H_4Y$  :

$$\log k/k_0 = \rho \cdot \sigma \quad (\text{Persamaan 1})$$

dengan k adalah konstanta laju reaksi untuk substituen X,  $k_0$  adalah konstanta laju reaksi untuk  $X = H$ ,  $\rho$  adalah konstanta reaksi pada kondisi tertentu, dan  $\sigma$  konstanta laju reaksi yang khas untuk substituen X.

Persamaan Hammet pada dasarnya menghubungkan konstanta laju reaksi dengan parameter struktur. Dalam penelitian ini dicoba untuk melihat hubungan antara energi eksitasi elektron dengan parameter struktur, dengan menggunakan fenantrolin yang tersubstitusi pada posisi 4 dan 7. Fenantrolin (Fen), 4,7-dimetil-1,10- Fenantrolin

## KOMPLEKS BESI .....

(DMF) dan 4,7-difenil-1,10- Fenantrolin (DFF) akan memberikan puncak serapan yang berbeda-beda. Pergeseran puncak-puncak serapan tersebut diakibatkan oleh adanya substituen yang berbeda-beda pada posisi 4 dan 7 dalam kerangka fenantrolin. Panjang gelombang yang menyebabkan terjadi serapan elektronik dapat dikonversikan dalam bentuk energi (Persamaan 2). Data energi yang diperoleh kemudian dialurkan terhadap nilai-nilai parameter Hammett. Garis linier menyatakan hubungan antara keduanya.

$$E = \frac{h c}{\lambda} \quad (\text{Persamaan 2})$$

dengan  $E$  : energi (Joule),  $h$  : konstanta Planck ( $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}^{-1}$ ),  $c$  : kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ), dan  $\lambda$  : panjang gelombang (m)

## Bahan

Bahan - bahan kimia yang dipakai adalah bahan kimia bermutu p. a., yaitu :

- $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (1,10 – Fenantrolin – monohidrat)
- $(\text{CH}_3)_2\text{C}_{12}\text{H}_6\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (4,7-dimetil-1,10 – Fenantrolin)
- $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{C}_{12}\text{H}_6\text{N}_2$  (4,7-difenil-1,10 – Fenantrolin atau Batofenantrolin)
- $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_6 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  (garam Mohr)
- Akuabides

## Metode

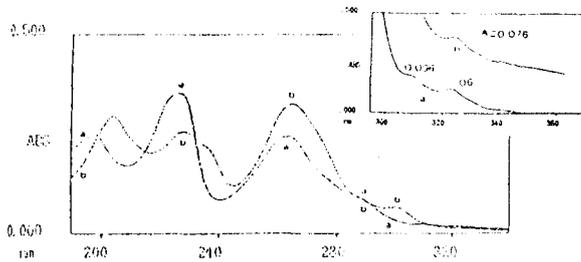
Studi pengompleksan besi (II) dengan Fen dan turunannya dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer ultraungu- tampak berkas ganda model Hitachi 150-20 dan U-2000. Larutan masing-masing ligan pada konsentrasi  $2 \times 10^{-5} \text{ M}$  diperiksa spektranya di daerah ultraungu (190 - 350 nm).

Penentuan stoikiometri kompleks dilakukan dengan metode perbandingan mol. Pada setiap pengerjaan digunakan besi (II) segar. Dilakukan dua pendekatan ; penambahan mol ion besi (II) pada mol ligan tetap dan penambahan mol ligan pada ion besi (II) tetap. Masing-masing diperiksa spektranya di daerah ultraungu. Demikian juga dilakukan pemeriksaan di daerah tampak (350 - 600 nm) untuk melihat serapan MLCT (*Metal Ligan Charge Transfer*). Spektrofotometer IR Hitachi 270-50 dipakai untuk memeriksa kristal kompleks.

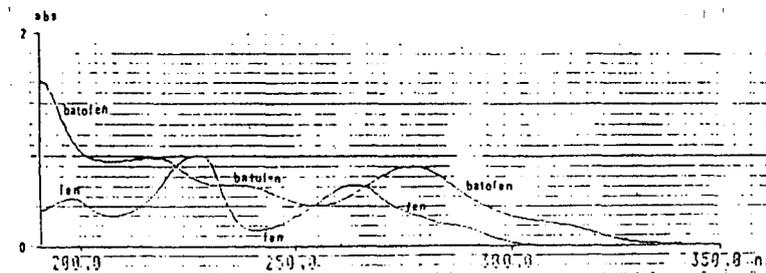
**Pembahasan**

**1. Ligan**

Spektra serapan ligan terlihat pada Gambar 3 dan 4. Ketiga jenis ligan (Gambar 5) memberikan puncak-puncak serapan yang khas untuk dirinya. Tabel I mencantumkan panjang gelombang serapan maksimum masing-masing ligan.



Gambar 3. Spektra serapan ultraungu ligan Fen terhadap DMF

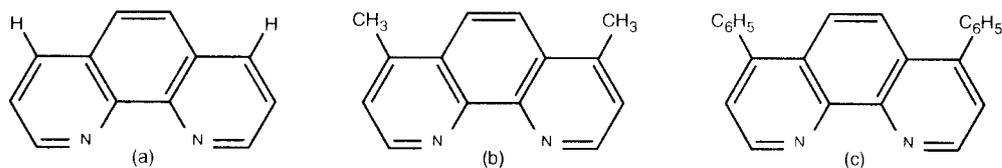


Gambar 4. Spektra serapan ultraungu ligan Fen terhadap DFF (= Batofen)

Tabel I. Puncak serapan spektra ultraungu ligan

Fenantrolin		DFF		DMF	
$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1
323	595			324	760
308	950	274	40800	300	6475
264	27119	240	40800	265	32700
227	38816	217	45700	229	25780
				204	

## KOMPLEKS BESI .....



Gambar 5. (a) Fenantrolin (Fen), (b) 4,7-dimetil-1,10- Fenantrolin (DMF) dan (c) 4,7-difenil-1,10- Fenantrolin (DFF )

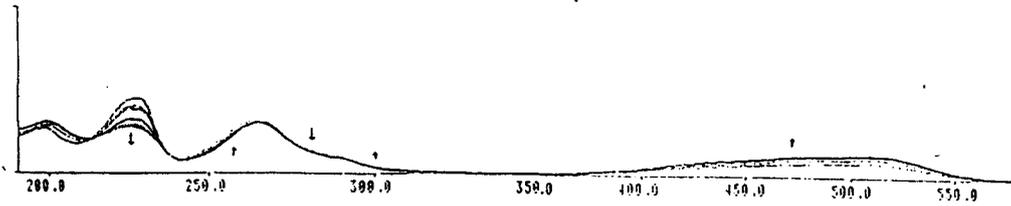
Pada fenantrolin panjang gelombang 227 nm merupakan puncak serapan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada lingkaran benzen (1). Pita serapan pada 264 nm merupakan pita serapan maksimum untuk dua cincin piridin (2). Atom-atom N yang relatif kaya elektron akan memperbesar kerapatan elektron pada cincin piridin, sehingga transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  akan membutuhkan energi yang relatif lebih kecil, atau panjang gelombang yang lebih besar. Puncak kecil di sekitar 300 nm merupakan pita serapan transisi pasangan elektron bebas pada atom-atom N. Transisi  $n \rightarrow \pi^*$  yang 'terlarang' ditandai dengan  $\epsilon_{\text{maks}}$  yang relatif kecil.

Ligan DMF mempunyai dua gugus  $-\text{CH}_3$  pada posisi 4 dan 7. Kedua gugus ini bersifat mendorong kerapatan elektron. Serapan  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada cincin piridin terjadi pada sekitar 265 nm, sedikit bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar sebagai akibat sumbangan dua gugus  $-\text{CH}_3$  pada lingkaran (2). Pita serapan 229 nm merupakan serapan transisi elektronik  $\pi \rightarrow \pi^*$  lingkaran benzen (1). Puncak kecil di sekitar 300 nm adalah puncak transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari kedua atom N cincin piridin.

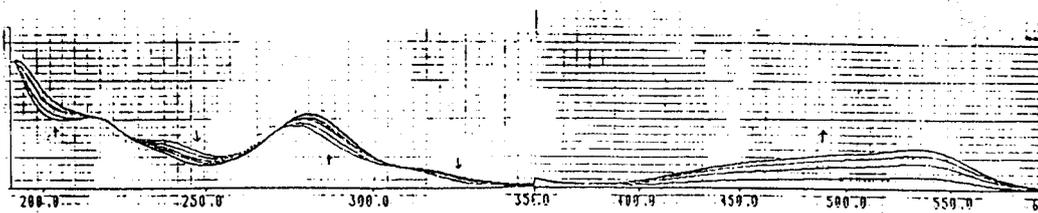
Ligan DFF mempunyai dua gugus fenil pada posisi 4 dan 7. Masuknya dua substituen fenil dalam kerangka fenantrolin menambah puncak serapan dalam spektra. Puncak serapan  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari kedua substituen fenil muncul pada 217 nm. kedua gugus fenil ini juga mengakibatkan pergeseran panjang gelombang serapan maksimum untuk gugus-gugus yang lain. Gugus fenil yang relatif kaya elektron menyumbangkan kerapatan elektronnya pada kerangka fenantrolin. Akibatnya transisi elektron dalam kerangka fenantrolin terjadi pada panjang gelombang yang lebih besar. Puncak serapan maksimum lingkaran benzen (1) pada DFF terjadi pada 240 nm, sedangkan puncak serapan untuk dua cincin piridin terjadi pada 274 nm. Transisi elektron bebas pada atom-atom N ( $n \rightarrow \pi^*$ ) akan terjadi di daerah 320 nm.

2. Kompleks

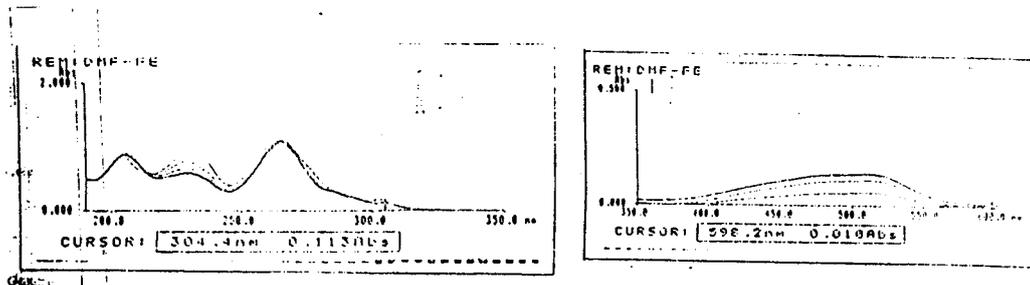
Spektra serapan ligan L dalam kompleks  $Fe(L)_3^{2+}$  terhadap L terlihat pada Gambar 6, 7, dan 8.



Gambar 6. Spektra serapan ligan dan ligan terkompleks untuk  $Fe(Fen)_3^{2+}$



Gambar 7. Spektra serapan ligan dan ligan terkompleks untuk  $Fe(DMF)_3^{2+}$



Gambar 8. Spektra serapan ligan dan ligan terkompleks untuk  $Fe(DFP)_3^{2+}$

**KOMPLEKS BESI .....**

Spektra ligan terkompleks mengalami penurunan  $\epsilon_{maks}$  dibandingkan dengan spektra ligan. Untuk fenantrolin terjadi pada daerah 225 nm, sedangkan pada DFF terjadi pada daerah 245 nm. Di antara panjang gelombang 250 dan 350 terjadi penggeseran puncak serapan ke arah panjang gelombang yang lebih besar (pergeseran batokromik).

Spektra serapan kompleks  $[FeL_3]^{2+}$  di daerah ultraungu berasal dari serapan ligan di dalam kompleks. Pembentukan kompleks menyebabkan pergeseran batokromik. Dengan adanya ikatan antara Fe (II) dan ligan feroin, elektron  $\pi$  pada ligan akan beresonansi pada pusat atom yang lebih banyak dibandingkan sebelum terbentuknya ikatan koordinasi. Akibatnya, tingkat energi  $\pi^*$  menjadi lebih rendah. Atau transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada ligan akan membutuhkan energi yang lebih rendah (panjang gelombang lebih besar).

Pergeseran batokromik menyebabkan terjadinya titik isobestik. Pada panjang gelombang isobestik, dua buah spesies yaitu ligan dan ligan yang terkompleks mempunyai absorbtivitas molar ( $\epsilon$ ) yang sama. Lingkar benzen pada kerangka fenantrolin mengalami penurunan serapan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : pembentukan ikatan  $\sigma$  dalam Fe-Fen akan mempengaruhi kerapatan elektron dalam lingkaran benzen. Sumbangan elektron dari kedua atom N ke orbital-orbital ion logam menyebabkan kerapatan elektron pada lingkaran ini menurun, yang tergambar dengan menurunnya serapan pada daerah panjang gelombang 225 nm (untuk Fen) dan 245 nm (untuk DFF).

Tabel II. Pergeseran puncak serapan kompleks  $[FeL_3]^{2+}$

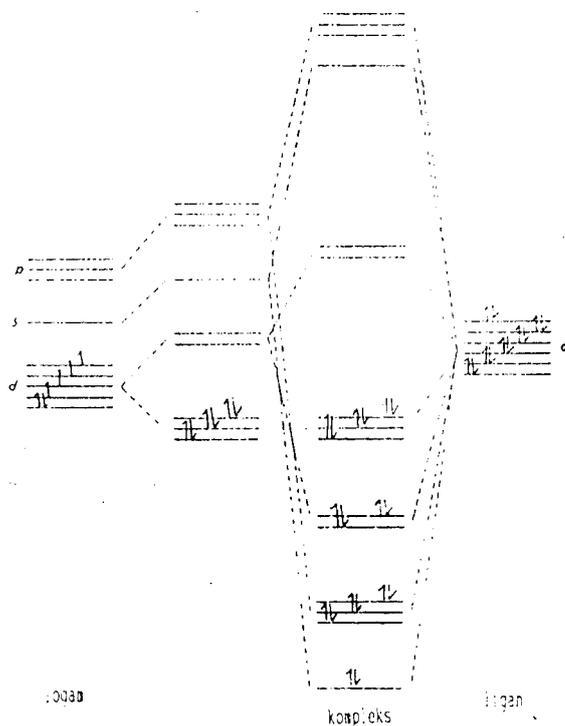
Fenantrolin		$[Fe(fen)_3]^{2+}$		$\Delta\lambda$ (nm)	DFF		$[Fe(DFF)_3]^{2+}$		$\Delta\lambda$ (nm)
$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1		$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	
262	30200	265	32827	3	278	40800	281	45100	3

Spektra serapan di daerah serapan tampak merupakan spektra yang khas untuk perpindahan muatan logam  $\rightarrow$  ligan (MLCT : *Metal Ligan Charge Transfer*). Puncak serapan maksimum mempunyai nilai  $\epsilon_{maks}$  yang relatif lebih besar daripada transisi  $d-d$ . Spektra MLCT memperlihatkan bahu yang melebar ke arah ultraungu dekat. Perpindahan muatan logam  $\rightarrow$  ligan secara kualitatif diperlihatkan pada diagram orbital molekul Gambar 9. Pembentukan kompleks menyebabkan tingkat

energi  $t_{2g}$  yang berkarakter logam direndahkan, atau dengan kata lain ion logam berada pada keadaan yang lebih stabil.

Panjang gelombang MLCT pada kompleks Fe(II)-DFF lebih besar daripada kompleks Fe(II)-Fen. Dua substituen fenil dalam DFF menyebabkan sistem konjugasi elektron dalam kompleks feroin bertambah. Tingkat energi  $\pi^*$  menjadi lebih rendah, akibatnya transisi elektron  $t_{2g}(\text{logam}) \rightarrow \pi^*(\text{ligan})$  akan terjadi pada panjang gelombang yang lebih besar.

Akan halnya untuk kompleks Fe(II)-DMF, panjang gelombang serapan MLCT menunjukkan sedikit pergeseran batokromik. Kedua gugus  $\text{CH}_3$  pada posisi 4 dan 7 tidak (secara signifikan) mempengaruhi tingkat energi  $\pi^*$  ligan seperti terlihat pada kompleks Fe(II)-DFF. Seperti telah disebut di atas, pengikatan  $\sigma$  kompleks, yaitu ligan ke logam, akan mengakibatkan pergeseran batokromik serapan ligan terkompleks. Ini adalah akibat sumbangan kerapatan elektron  $\text{CH}_3$  pada kedua cincin piridin. Pengikatan  $\sigma$  akan meningkatkan kerapatan elektron pada ion logam sehingga pengikatan balik (*back bonding*) logam  $\rightarrow$  ligan akan menggeser panjang gelombang ke  $\lambda$  yang lebih besar.



Gambar 9. Diagram kualitatif orbital molekul kompleks  $\text{FeL}_3^{2+}$ . L= Fen, DMF, DFF.

**KOMPLEKS BESI .....**

Tabel III. Perbandingan puncak serapan maksimum MLCT kompleks Fe(II) dengan ligan Fen, DMF, dan DFF

Fenantrolin		DMF		DFF	
$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1	$\lambda$ maks (nm)	$\epsilon$ maks M-1cm-1
510	4550	514	13200	530	6400

**3. Korelasi Energi Eksitasi dengan Parameter Hammet**

Tabel IV memperlihatkan nilai parameter Hammet dan energi untuk ligan dan kompleks.

Tabel IV. Nilai parameter Hammet dan energi untuk ligan fenantrolin dan turunan-turunannya

Ligan	Subtituen	$\sigma p$	E/ joule ligan	E/ joule kompleks
1,10 – Fenatrolin	H	0	$6.15 \times 10^{-19}$	$3.90 \times 10^{-19}$
4,7- difenil – 1,10- fenatrolin	Ph	0,02	$6.21 \times 10^{-19}$	$3.75 \times 10^{-19}$
4,7- dimetil 1- 1,10 – fenatrolin	Me	-0,34	$3.69 \times 10^{-19}$	$1.89 \times 10^{-19}$

Data energi untuk ligan Fen, DMF, dan DFF diperoleh dari data serapan  $n \rightarrow \pi^*$  dari pasangan elektron bebas atom-atom N. Sedangkan untuk kompleksnya berasal dari panjang gelombang serapan MLCT (Tabel III). Pada ligan DMF, energi diperoleh dari data potensial reduksi ligan dan data potensial reduksi kompleksnya dengan Fe(II)<sup>8</sup>.  $E^\circ$  ligan = +0.23 v/ENH dan  $E^\circ$  kompleks = +1.18 v/ENH. Nilai ini dapat diubah menjadi energi dengan persamaan :

$$E = - n F E^\circ \text{ Ligan}$$

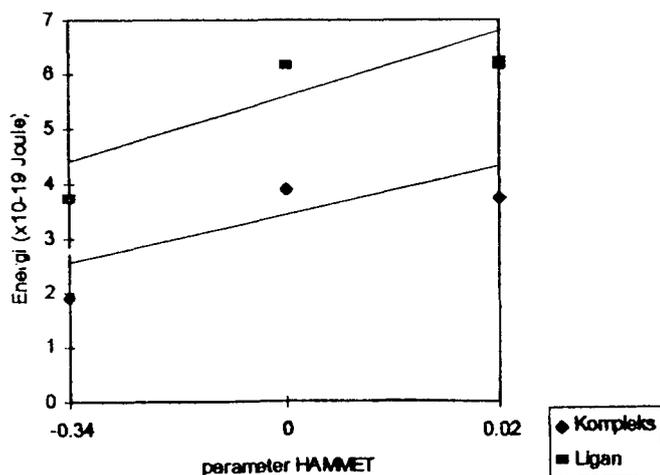
$$E = - n F E^\circ \text{ kompleks}$$

dengan n : jumlah elektron yang terlibat

F : muatan (23061 kal volt<sup>-1</sup> ekuivalen<sup>-1</sup>)

$E^\circ$  : potensial reduksi

Pengaluran energi terhadap  $\sigma p$  tampak pada Gambar 10.



Gambar 10 : Energi terhadap parameter Hammet ( $\sigma p$ )

Nilai regresi untuk hubungan energi dengan  $\sigma p$  ligan adalah 0.9999; sedangkan kemiringannya adalah  $7.27 \times 10^{-19}$ . Nilai regresi untuk hubungan energi dengan  $\sigma p$  kompleks adalah 0.9932; sedangkan kemiringannya adalah  $5.49 \times 10^{-19}$ .

Nilai parameter Hammet ( $\sigma p$ ) untuk fenil bernilai positif yang berarti induksi muatan fenil bersifat menarik kerapatan elektron terhadap cincin piridin dalam rangka fenantrolin. Pada DMF,  $\sigma p$  bernilai negatif yang berarti gugus metil bersifat donor elektron terhadap cincin piridin.

Nilai regresi ligan dan kompleks mendekati 1, yang menyatakan terdapatnya hubungan yang kuat antara energi dan nilai parameter Hammet ( $\sigma p$ ).

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa hal dasar:

1. Transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari beberapa ligan yang dipelajari sangat dipengaruhi oleh gugus substituen yang ada pada posisi 4 dan 7, artinya gugus substituen memberi efek langsung terhadap energi elektron bebas atom-atom N.
2. Transisi MLCT yang terjadi pada kompleks juga dipengaruhi oleh substituen pada posisi 4 dan 7. Ini membuktikan bahwa tingkat energi  $\pi^*$  pada ligan terkoordinasi tetap dipengaruhi oleh gugus substituen pada posisi 4 dan 7. Bukti lain yang tak kalah menariknya adalah reduksi kompleks,  $[\text{Fe}(\text{L})_3]^{2+}$  merupakan reduksi ligan dalam kompleks yaitu elektron diterima oleh orbital  $\pi^*$  dari ligan.
3. Harga kemiringan menunjukkan besarnya pengaruh substituen. Substituen lebih mempengaruhi transisi dalam ligan dari pada dalam kompleks.

4. Stoikiometri Kompleks

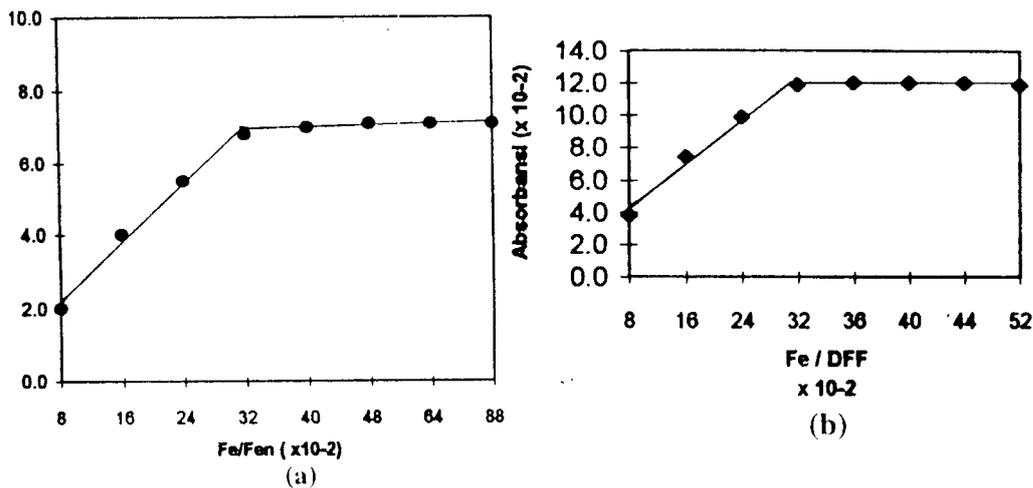
Stoikiometri kompleks diperoleh melalui metode perbandingan mol. Ion logam ditambahkan sedikit demi sedikit kepada ligan. Pendekatan dengan arah penambahan ligan pada ion logam juga dilakukan untuk memastikan perbandingan stoikiometri yang didapat.

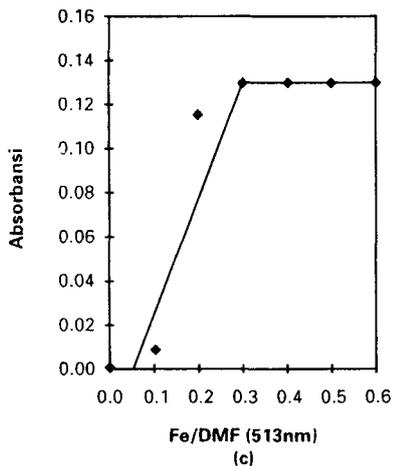
Di daerah ultraungu, penambahan ion Fe (II) sedikit demi sedikit pada larutan ligan mengakibatkan pergeseran batokromik dari pita serapan ligan. Selain itu timbul pula beberapa titik isobestik. Di daerah tampak timbul spektra yang khas untuk kompleks feroin.

Pendekatan dengan arah sebaliknya (penambahan ligan ke logam) akan menghasilkan spektra yang bersifat aditif di daerah ultraungu. Namun spektra di daerah tampak tetap identik dengan spektra yang diperoleh melalui pendekatan penambahan ion logam pada ligan.

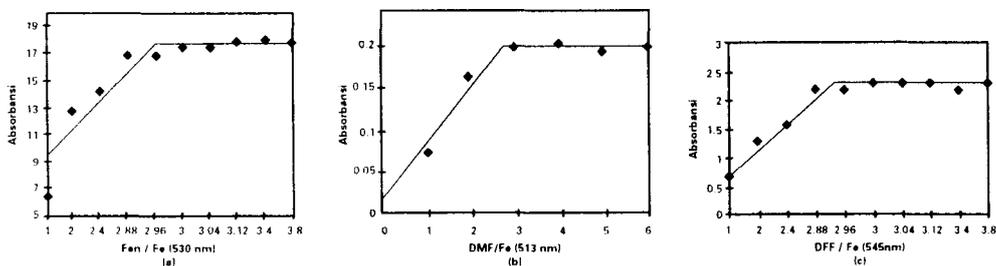
Penambahan Fe(II) dalam jumlah kecil telah mengakibatkan kompleks berwarna khas. Komplek Fe-Fen berwarna merah-jingga, kompleks Fe-DMF berwarna merah tua sedangkan kompleks Fe-DFF berwarna merah. Pergeseran  $\lambda_{maks}$  MLCT memperlihatkan pengaruh substituen posisi 4 dan 7 pada serapan kompleks.

Nilai serapan yang telah dikoreksi dialurkan terhadap perbandingan mol. Diperoleh kurva yang memiliki titik potong. Baik untuk kompleks Fen, DMF, dan DFF, perpotongan terjadi di sekitar titik 0.33. Pada penambahan ligan pada ion logam, nilai serapan yang telah dikoreksi dialurkan terhadap perbandingan mol. Titik perpotongan terjadi pada 3.0, Gambar 11 dan 12





Gambar 11. Kurva penentuan stoikiometri kompleks  $FeL_3^{2+}$ . Penambahan ion logam pada ligan, (a) L = Fen (b) L = DFF, dan (c) L = DMF



Gambar 12. Kurva penentuan stoikiometri kompleks  $FeL_3^{2+}$ . Penambahan ligan pada ion logam, (a) L = Fen (b) L = DMF, dan (c) L = DFF.

Jadi kompleks yang terjadi mempunyai perbandingan stoikiometri Fe (II): ligan = 1:3, yaitu  $[Fe(fen)_3]^{2+}$  dan  $[Fe(DFP)_3]^{2+}$  keduanya membentuk kompleks kelat dengan simetri oktahedron. Sejalan dengan teori ikatan valensi, hibridisasi yang terjadi adalah  $d^2 sp^3$

### Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan studi pengompleksan ligan tipe feroin, khususnya 1,10 -Fenantrolin, 4,7-dimetil-1,10 -fenantrolin dan 4,7-difenil-1,10 -fenantrolin. Hal-hal yang dipelajari adalah kekhasan spektroskopi ligan dan

## KOMPLEKS BESI .....

- a. Ligan memberikan puncak serapan pada daerah panjang gelombang 200 - 400 nm, dengan kekhasan  $\lambda_{maks}$  323 nm, 264 nm, dan 227 nm untuk ligan Fen,  $\lambda_{maks}$  324 nm, 265 nm, dan 229 nm untuk ligan DMF, sedangkan untuk ligan DFF mempunyai  $\lambda_{maks}$  278 nm dan 217 nm. Kompleks Fe (II) dengan ketiga jenis ligan masing-masing memberikan  $\lambda$  MLCT pada 510 nm untuk  $Fe(fen)_3^{2+}$ , 514 nm untuk  $Fe(DMF)_3^{2+}$  dan 530 nm untuk  $Fe(DFF)_3^{2+}$ .
- b. Penentuan stoikiometri kompleks dengan metode perbandingan mol menunjukkan bahwa kompleks yang terbentuk hanya satu jenis, yaitu  $Fe(Fen)_3^{2+}$ ,  $Fe(DMF)_3^{2+}$  dan  $Fe(DFF)_3^{2+}$ .
- c. Efek substituen pada posisi 4 dan 7 dari kerangka fenantrolin cukup berarti, baik terhadap sifat serapan  $n \rightarrow \pi^*$  ligan, maupun sifat serapan MLCT kompleks. Kelinieran hubungan energi eksitasi yang bersangkutan dengan parameter Hammett masing-masing substituen membuktikan bahwa efek substituen lebih besar pada ligan dari pada kompleks.

## Kepustakaan

1. Busch, D. H., and J. C. Bailar., *J. Am. Chem. Soc.*, 78 (1956) p, 1137.
2. Cooper, J. W., *Spectroscopic Techniques for Organic Chemistry*, Medford, Wiley Interscience Publications, 1980.
3. Crabtree, R. H., *The Organometallic Chemistry of Transition Metals*, New Haven, John Wiley and Sons Inc., 1994.
4. Ferguson, L. N., *The Modern Structural Theory of Organic Chemistry*, New Delhi: Prentice Hall of India Private Ltd., 1969.
5. Jehowska, B., and Trzebiatowska, *Theory and Structure of Complex Compound*, London, Pergamon Press, 1963.
6. Lever, A. B. P., *Inorganic Chemistry*, 29 (1990) p, 1271 -1285.
7. March, J., *Advanced Organic Chemistry, Reactions, Mechanism, Structure*, Tokyo, McGraw-Hill, 1977.
8. Sykes, P., *A Guide Book To Mechanism In Organic Chemistry*, Sixth ed. Cambridge, Longman Scientific and Technical, 1986.