

SENYAWA KOMPLEKS Fe(II)-BASA SCHIFF: SINTESIS, KARAKTERISASI SPEKTROSKOPI DAN STUDI TERMAL

Zipora Sembiring^{1*}, Agung Abadi Kiswandono¹

¹Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung

Jalan Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

zipora.sembiring@fmipa.unila.ac.id

Artikel Info

Diterima
tanggal
29.06.2019

Disetujui
publikasi
tanggal
30.10.2020

Kata kunci :
Azometin,
basa Schiff,
entropi,
eksotermik

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis, karakterisasi dan analisis termal senyawa kompleks dari ion Fe(II) dengan ligan basa Schiff DPCO-p-T. Sintesis senyawa kompleks dilakukan dengan menggunakan metode variasi kontinyu dari Job berdasarkan perbandingan mol. Hasil perbandingan mol antara ion Fe(II) dengan ligan basa Schiff diperoleh 1 : 3. Berdasarkan perbandingan mol tersebut, senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ disintesis dan diperoleh kristal murni berwarna coklat terang, titik leleh: 167-168 °C dengan rendemen hasil 77,68%. Berdasarkan identifikasi dan karakterisasi struktur, senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ memiliki gugus-gugus azometin, azo dan metil. Analisis termal dengan DTA-TG menunjukkan perubahan struktur pertama terjadi pada suhu 150-200 °C, reaksi endotermik dengan kehilangan massa sebesar 9,4% yang menandakan lepasnya 1 mol ion SO_4^{2-} sebagai ion penetral senyawa kompleks. Perubahan kedua terjadi reaksi eksotermik pada suhu 200-275 °C kehilangan massa sebesar 83,5% ekuivalen dengan kehilangan massa 3 mol ligan yang terkoordinasi pada senyawa kompleks. Perubahan massa berikutnya terjadi pada suhu 300-400 °C menunjukkan kehilangan massa sebesar

6,7% merupakan residu dari senyawa kompleks yaitu metal oksida. Nilai entropi aktivasi ditemukan dalam bentuk negatif menunjukkan bahwa proses dekomposisi dengan laju reaksi lebih rendah dari yang normal dan kompleks teraktifkan memiliki sifat yang lebih menentukan dari pada reaktan hal ini disebabkan karena *chemisorptions* dari hasil dekomposisi.

ABSTRACT

The synthesis, characterization, and thermal analysis of complex compound of Fe(II) ion and schiff base ligand DPCO-p-T has been conducted. The synthesis of complex compound has been conducted by employing the method of Job's Continuous Variation based on mol comparison. The result of mol comparison between ion Fe(II) with Schiff base ligand is 1:3. Based on that result, complex compound $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ is synthesized and resulted light brown colored pure crystal, melting points of 167-168 °C with rendement 77.68%. Based on identification and structure characterization, complex compound $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ have azomethine group, azo and methyl. Thermal analysis with DTA-TG showed the first structure change is in the 150-200 °C, endothermic reaction with weight loss 9.4% showing 1 mol ion SO_4^{2-} as complex compound neutralizer ion is off. The second change is exothermic reaction in 200-275 °C and losing weight 83.5% equivalent with losing weight 3 mol ligand that is coordinated with complex compound. The third mass change in 300-400 °C showing weight loss in 6.7% was residue of methyl oxide complex compound. Activation entropy value is negative and showed that decomposition process with a lower reaction flow than the normal and activated complex has more determined traits than reactant which is caused by chemisorptions from decomposition outcome.

PENDAHULUAN

Senyawa kompleks dapat disintesis dari ligan dengan ion logam serta melakukan peran penting dalam berbagai bidang dan sistem biologis. Salah satu ligan yang dapat digunakan adalah basa Schiff. Kompleks logam transisi-basa Schiff memiliki banyak aplikasi di bidang antitumor, aktivitas katalis dan antikorosi indikator (Osowole *et al.*, 2008; Kumar *et al.*, 2009) serta sistem yang dapat meniru model enzim (Montazeri *et al.*, 2008). Kemampuan ligan basa Schiff untuk bertindak sebagai ligan netral pada logam transisi, terutama Ni (II), Cu (II), Co (II), Fe(II) sebagai akseptor telah banyak dipublikasikan dalam berbagai laporan.

Sifat dari ligan untuk dapat membentuk kompleks dengan ion logam pusat sangat penting dalam kimia koordinasi Erdem *et al.*, 2009 dan Jevtovic *et al.*, 2011). Interaksi ini dapat diamati dalam termodinamika dan aspek kinetik untuk mempelajari efek serta membandingkan perilaku kompleks terhadap aplikasinya sebagai katalis. Basa Schiff adalah kelas senyawa favorit dalam bidang biologi dan memainkan peran penting dalam kimia koordinasi (Liu *et al.*, 2006).. Basa Schiff aromatik dalam bentuk netral dan terdeprotonasi telah digunakan untuk bereaksi dengan ion logam transisi bilangan oksidasi (II), kompleks yang terbentuk menunjukkan variabel stoikiometri dalam logam ke ligan dengan rasio yang berbeda pada bilangan koordinasi (Pouralimardan *et al.*, 2007). Kelanjutan dari studi sebelumnya pada logam transisi kompleks basa Schiff, kami melaporkan di sini sintesis, karakterisasi spektroskopi dan analisis termal logam Fe(II) hasil adisi yang berpotensi sebagai ligan donor yang memiliki gugus-gugus fungsi azo, hidrazo, metil dalam lingkungan ligan. Adanya gugus-gugus fungsi pada lingkungan ligan dapat menstabilkan senyawa kompleks.

Penelitian ini melaporkan hasil analisis dari termogravimetri dan spektroskopi untuk memprediksi gugus fungsi, kestabilan termal dan memperkirakan parameter kinetik dalam senyawa kompleks Fe(II) dengan basa Schiff difenilkarbazon-p-toluidin. Mengingat aplikasi industri senyawa kompleks, maka perilaku termal dari senyawa kompleks berguna untuk dipelajari. Sintesis Basa Schiff dalam penelitian ini bersifat fleksibel dalam pembentukan dan mengandung atom donor keras dan lunak.

METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas yang lazim dipakai di laboratorium, desikator, pengaduk magnetik, neraca analitis, penangas air, labu hisap Buchner, vakum desikator, spektrofotometer ultraungu-tampak (UV-Vis) merek Hitachi model 150/20, *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR), Hitachi TGA DTA 7300 series, *magnetic susceptibility balance* (MSB), dan diffraktometer Sinar-X. Jenis bahan yang digunakan di dalam penelitian ini secara umum dari *Merk* dalam bentuk *p.a* yaitu garam Mohr, 1,5-difenilkarbazona, *p*-toluidina, asam asetat, etanol, metanol, $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$, dan akuades.

Sintesis Senyawa Kompleks Fe(II)-Ligan Basa Schiff DPCO-p-T

Sebelum dilakukan sintesis senyawa kompleks, terlebih dahulu dilakukan sintesis ligan basa Schiff DPCO-*p*-T. Ligan basa Schiff disintesis dari 1,5-difenilkarbazon dan *p*-toluidin dengan perbandingan mol 1:1. Sintesis dilakukan menggunakan metode kondensasi dalam pelarut etanol. Hasil kristal ligan basa Schiff digunakan untuk sintesis senyawa kompleks dengan ion Fe(II) dari garam Mohr. Sintesis dilakukan dengan menggunakan metode variasi kontinyu dari Job. Hasil kristal senyawa tersebut dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan perbandingan mol optimum dari sintesis senyawa kompleks tersebut (Osowole *et al.* 2008; Khattack *et al.*, 2008).

Penentuan Gugus Fungsional pada Ligan as Schiff dan Senyawa Kompleks

Ligan basa Schiff dan senyawa kompleks hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer inframerah untuk mengetahui gugus fungsional yang ada didalamnya. Karakterisasi dilakukan di daerah bilangan gelombang $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Pada ligan basa Schiff, biasanya gugus azometina atau imina memberikan pita serapan yang khas pada daerah sekitar 1600 cm^{-1} .

Analisis Sifat Termal Senyawa Kompleks dengan DTA/TG

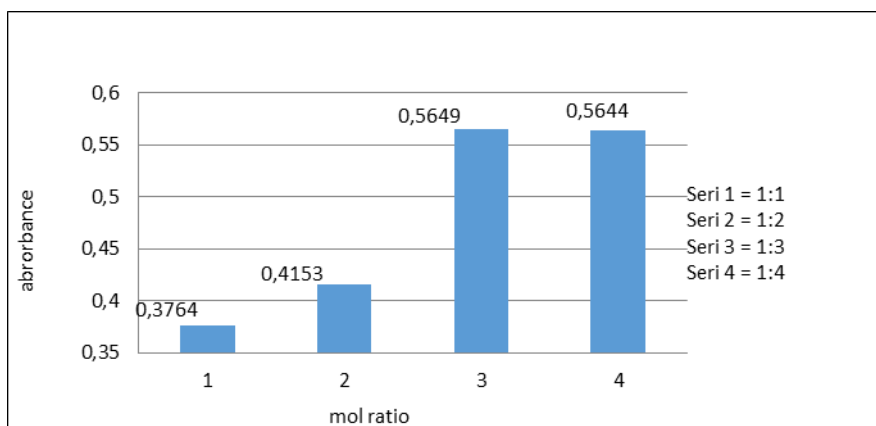
Differential thermal analysis dan *thermogravimetric* (DTA/TG) merupakan teknik untuk mengukur perubahan massa dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Pada suhu tertentu terjadi dekomposisi senyawa sampel. Spesi yang terdekomposisi ataupun yang

tersisa diketahui dengan cara membandingkan massa sampel pada suhu tersebut terhadap massa awal. Cuplikan sampel diletakkan pada cawan platina, dipanaskan pada laju konstan sebesar 10 °C/menit. Pengukuran dilakukan pada kisaran suhu 20-1000 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Senyawa Kompleks Fe(II)-Ligan basa Schiff DPCO-*p*-T

Sintesis senyawa kompleks menggunakan metode variasi kontinyu diperoleh perbandingan mol antara basa Schiff dengan ion Fe(II) yaitu 1 : 3 (Gambar 1). Hasil sintesis senyawa kompleks diperoleh kristal murni berwarna coklat terang, titik leleh: 167 – 168 °C dengan hasil rendemen 77,68%.



Gambar 1. Kurva metode Job's variasi kontinyu perbandingan mol antara ion Fe²⁺ dengan ligan basa Schiff DPCO-*p*-T

Analisis Struktur Ligan DPCO-*p*-T dan Senyawa Kompleks [Fe(DPCO-*p*-T)₃]²⁺ dengan Spektrofotometer Inframerah

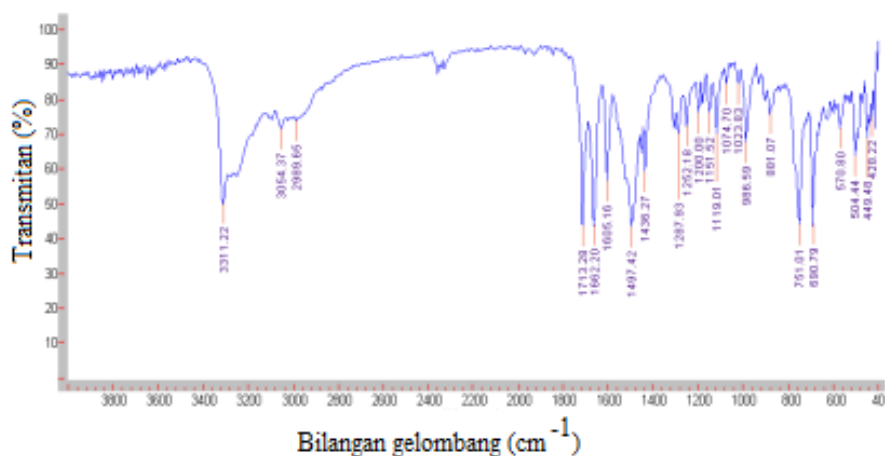
Gugus-gugus fungsi yang ada dalam struktur DPCO, senyawa ligan basa Schiff DPCO-*p*-T dan senyawa kompleks [Fe(DPCO-*p*-T)₃]²⁺ ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer inframerah pada daerah bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹. Data spektra inframerah dipakai untuk melihat gugus fungsi yang terlibat dalam pembentukan senyawa kompleks. Data spektra inframerah disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Spektra inframerah dari ligan basa Schiff DPCO-*p*-T dan kompleks Fe(II)-DPCO-*p*-T.

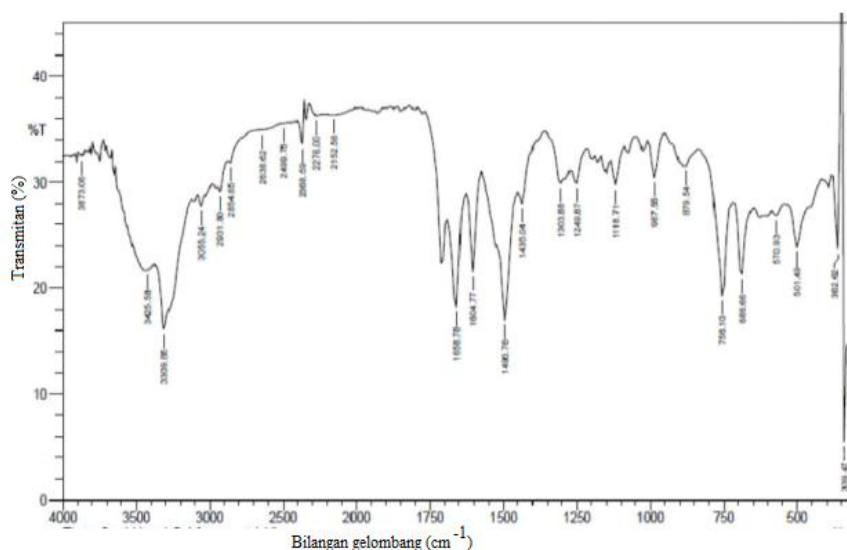
Senyawa	$\nu(\text{M-N})$	$\nu(\text{N-H})$	$\nu(\text{C-N})$	$\nu(\text{C=O})$	$\nu(\text{N=N})$	$\nu(\text{C=N})$	$\nu(\text{C-H})$	$\gamma(\text{N-H})$
DPCO	-	3311,22	1287,93	1713,28	1497,42	1662,20	3054,37	881,7
DPCO- <i>p</i> -T	-	3310,72	1288,5	-	1495,74	1662,47	3055,24	881,20
Fe(II)-DPCO- <i>p</i> -T	447, 49	3309,85	1288,45		1496,76	1658,72	3055,24	879,54

Menurut Sastrohamidjojo (1992) dan Supratman (2010) beberapa gugus fungsi spektra serapan dari inframerah muncul pada daerah karakteristik yakni gugus amina ($-\text{N-H}$) pada daerah $3500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$, pita regang C-H aromatis di daerah $3100\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$, gugus $-\text{C-N-}$ di daerah $1350\text{--}1250\text{ cm}^{-1}$, gugus azo $-\text{N=N-}$ pada daerah $1575\text{--}1450\text{ cm}^{-1}$, kelompok gugus $-\text{C=N-}$ daerah $1690\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$ dan kibasan N-H daerah $900\text{--}750\text{ cm}^{-1}$.

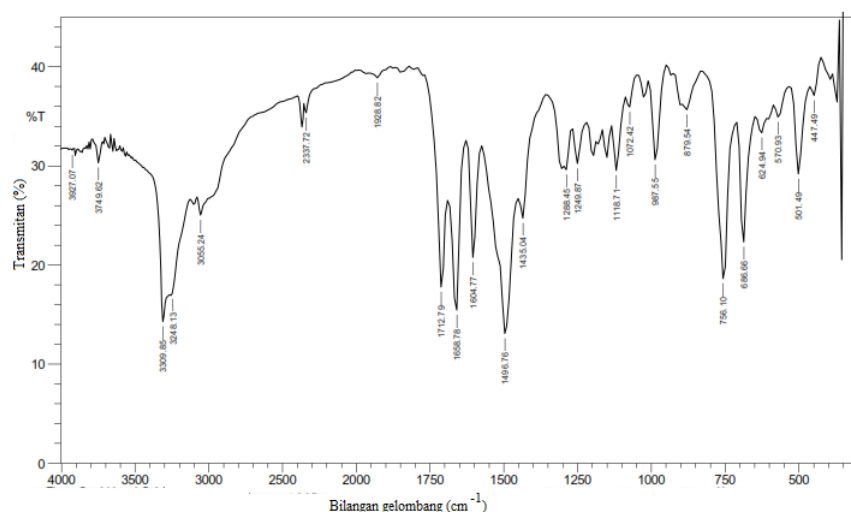
Berdasarkan data spektra pada Gambar 2 dan 3, beberapa pita serapan yang sama untuk semua senyawa DPCO, DPCO-*p*-T dan kompleks muncul pada daerah: vibrasi ulur yang khas untuk gugus amina sekunder muncul pada daerah rentangan $3311,22$; $3310,72$ dan $3309,85\text{ cm}^{-1}$, daerah $1605,16$; $1604,55$ dan $1604,77\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi bengkokan N-H . Vibrasi kibasan (*wagging*) $\gamma(\text{N-H})$ teramati muncul pada daerah $881,7$; $881,20$ dan $879,54\text{ cm}^{-1}$. Serapan cincin C=C aromatis sering saling tumpang tindih dengan vibrasi bengkokan N-H yang muncul pada daerah $1640\text{--}1560\text{ cm}^{-1}$. (Osohole *et al.*, 2008; Erdem *et al.*, 2009, Paula *et al.*, 2010).



Gambar 2. Spektrum Inframerah DPCO



Gambar 3. Spektrum Inframerah Ligan Basa Schiff DPCO-*p*-T



Gambar 4. Spektrum Inframerah Senyawa Kompleks Fe(II) DPCO-*p*-T

Daerah 1700-1730 cm^{-1} merupakan daerah spesifik dan kuat untuk gugus karbonil $\text{C}=\text{O}$ dari keton (Paula *et al.*, 2010). Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa hilangnya gugus karbonil $\text{C}=\text{O}$ dari keton pada ligan basa Schiff di daerah 1713,28 cm^{-1} membuktikan bahwa gugus karbonil dari senyawa DPCO telah mengalami reaksi adisi membentuk gugus azometina atau imina dengan *p*-toluidina.

Gugus azometina atau imina ($-\text{C}=\text{N}-$) memberi serapan vibrasi regang pada daerah bilangan gelombang 1690-1650 cm^{-1} , akan tetapi gugus $-\text{N}-\text{CO}-\text{N}-$ seperti urea yang ada pada

DPCO juga memberi serapan pada daerah yang sama sehingga muncul serapan pada daerah tersebut baik untuk DPCO maupun DPCO-*p*-T (Erdem *et al.*, 2009). Gugus imin pada senyawa ligan basa Schiff bebas dan senyawa kompleks (Gambar 4), vibrasi ulur $\text{C}=\text{N}$ - ditunjukkan dengan munculnya pita serapan pada daerah $1662,47\text{ cm}^{-1}$ dan $1658,72\text{ cm}^{-1}$ sebagai puncak serapan sedang. Turunnya intensitas pada daerah vibrasi ulur rentangan $\text{C}=\text{N}$ - menandai terjadinya interaksi pada gugus azometin dan terbentuknya ikatan koordinasi antara ligan dan ion logam Fe(II). Hal ini diperjelas lagi dengan munculnya pita serapan pada senyawa kompleks yang terjadi di daerah bilangan gelombang $447,49\text{ cm}^{-1}$ sebagai gugus $(\text{M}-\text{N}-)$ (Osowole *et al.*, 2008; Erdem *et al.*, 2009).

Gugus-gugus lainnya seperti gugus azo $\text{N}=\text{N}$ - dan gugus C-H aromatis, vibrasi ulur spektrum IR dalam daerah $1575\text{--}1450\text{ cm}^{-1}$ untuk $\text{N}=\text{N}$ dan $3100\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ untuk C-H aromatis. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa semua senyawa yaitu senyawa DPCO, DPCO-*p*-T dan kompleks memiliki gugus azo $\text{N}=\text{N}$ - dan gugus C-H aromatis dengan adanya spektra serapan yang muncul di daerah $1497,42\text{ cm}^{-1}$; $1495,74$ dan $1496,76\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus azo dan $3054,37\text{ cm}^{-1}$; $3055,24$ dan $3055,24\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus C-H aromatis.

Analisis Termal dan Studi Kinetik Senyawa Kompleks $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ dengan DTA-TG

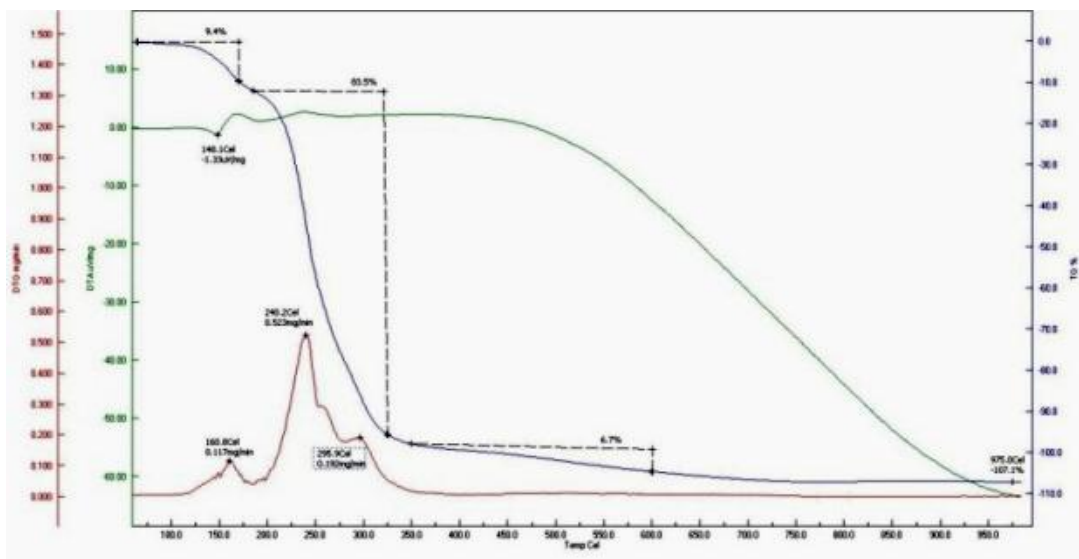
Analisis dekomposisi termal senyawa kompleks dilakukan dengan menggunakan metode *Differential Thermal Analysis-Thermogravimetric* (DTA-TG) pada kisaran suhu $25\text{--}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan kenaikan suhu $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Analisis termal senyawa kompleks pada kurva DTA-TG menunjukkan 1 (satu) puncak terjadi reaksi endotermik pada suhu $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan 2 puncak reaksi eksotermik pada suhu $100\text{--}275\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $300\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perubahan-perubahan struktur terjadi mulai suhu $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $375\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Khanmohammadi *et al.*, 2009). Perubahan struktur sesuai dengan persen kehilangan massa senyawa kompleks seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Kajian tentang perubahan struktur senyawa kompleks dari kurva DTA-TG yang ditunjukkan pada Gambar 5, menjelaskan bahwa suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ tidak ada persentase penurunan atau kehilangan massa dari senyawa kompleks, hal ini menandakan tidak adanya molekul air terkoordinasi pada senyawa kompleks.

Table 2. Data dekomposisi termal untuk ligan dan kompleks

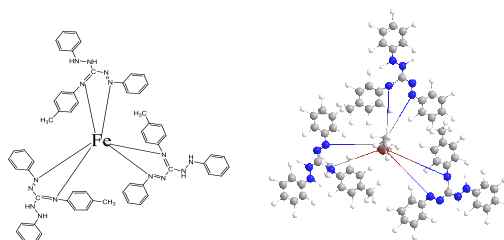
Formula Empiris	Rentang Suhu Dekomposisi (°C)	Suhu puncak DTG (°C)	% massa yang hilang (analisis)	% massa yang hilang (teori)	Molekul yang hilang
Fe(II)-DPCO- <i>p</i> -T	150-200	160	9,4%	8,6%	SO ₄ ²⁻
	200-275	240	83,5%	86,65%	3 mol Ligan
	300-375	295	6,7%	6,32%	Oksida logam (residu)

Perubahan struktur pertama terjadi pada suhu 150-200 °C dengan persen kehilangan massa sebesar 9,4% yang hampir setara dengan lepasnya 1 mol ion SO₄²⁻ sebagai ion penetral senyawa kompleks, berdasarkan teori sebesar 8,6% (Tabel 2). Pelepasan ion SO₄²⁻ dari senyawa kompleks ditandai dengan adanya reaksi endotermik pada suhu 160,8°C. Perubahan kedua terjadi reaksi eksotermik pada suhu 240,2 °C dimana senyawa kompleks pada suhu 200-275 °C kehilangan massa sebesar 83,5%, berdasarkan teori 86,65% ekuivalen dengan kehilangan massa 3 mol ligan yang terkoordinasi pada senyawa kompleks. Perubahan massa berikutnya terjadi pada suhu 300-400 °C menunjukkan kehilangan massa sebesar 6,7% merupakan residu dari senyawa kompleks yaitu metal oksida yang sesuai teori sebesar 6,32%.



Gambar 5. Kurva termogravimetri DTA/TG untuk kompleks [Fe(DPCO-*p*-T)₃]SO₄

Berdasarkan uraian diatas maka senyawa kompleks dari ligan basa Schiff 1,5-difenilkarbazona-p-toluidina (DPCO-*p*-T) dan ion besi(II) merupakan senyawa kompleks yang memiliki bilangan koordinasi 6 dan ligan bidentat (Gambar 6).



Gambar 6. Struktur Molekul Senyawa Kompleks $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]^{2+}$

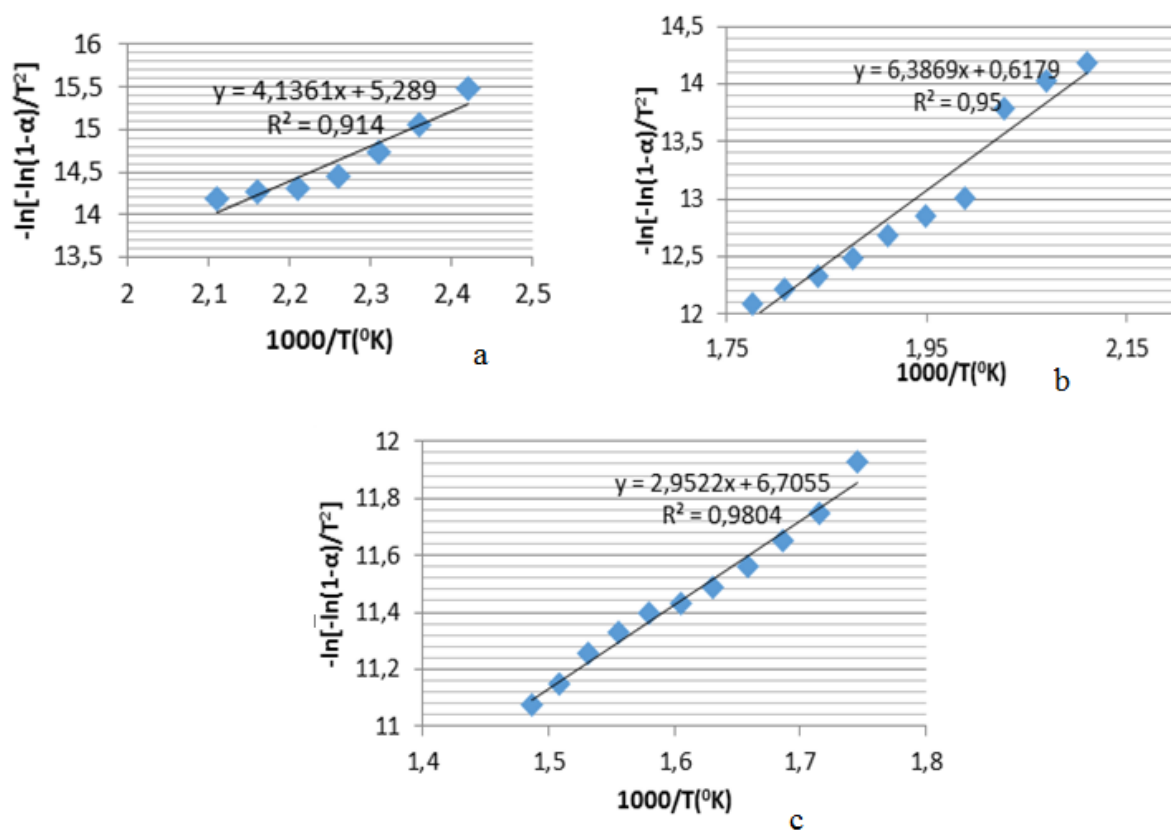
Analisis Termografimetrik dan Kinetik Menggunakan DTA-TG

Analisis termografimetrik senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{DPCO-p-T})_3]\text{SO}_4$ dilakukan pada rentang suhu 25-1000 °C. Dekomposisi terjadi dalam 3 tahap pada rentang suhu, suhu puncak DTG serta persen dekomposisi tertera pada Tabel 2. Parameter aktivasi termodinamik pada proses dekomposisi senyawa kompleks dievaluasi melalui kurva TGA (Gambar 5) menggunakan metode Coats-Redfern (Yalcin *et al.*, 2001; Sedaghat *et al.*, 2011). Persamaan yang digunakan persamaan 1.

$$\ln[-\ln(1-\alpha)/T^2] = -E^*/RT + \ln[AR/\theta E^*] \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana: α adalah fraksi dekomposisi yang diberikan pada suhu T (K), R adalah tetapan gas (8.314 Jmol⁻¹K⁻¹), A adalah faktor frekuensi (min⁻¹), θ adalah laju pemanasan (K min⁻¹) dan E* adalah energi aktivasi (kJ mol⁻¹). Nilai Fraksi dekomposisi (α) dapat diperoleh dari: $\alpha = \frac{w}{w_f}$

dimana: w adalah hilangnya massa sampel pada suhu T dan w_f adalah hilangnya massa sampel pada akhir reaksi dalam hal ini $w_f = 3,414$ mg. W adalah harga-harga yang sangat penting dan dapat digunakan untuk perhitungan kuantitatif dari perubahan komposisi. Dengan plot $-\ln[-\ln(1-\alpha)/T^2]$ vs $1/T$ pada kisaran suhu 140-200 °C, 200-300 °C dan 300-400 °C didapat garis lurus menunjukkan order1 (Gambar 7). Nilai E* diperoleh dari *slope* dan nilai A diperoleh dari *intercept*.



Gambar 7. Plot Metode Coats-Redfern untuk dekomposisi Kompleks pada suhu (a) 140-200 °C, (b) 200-300°C dan (c) 300-400 °C

Entropi aktivasi (ΔS^*), entalpi aktivasi (ΔH^*) dan perubahan energi bebas aktivasi (ΔG^*) masing-masing dihitung dengan menggunakan persamaan 2, 3 dan 4

$$\Delta S^* = R \ln(Ah/k_B T_s) \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta H^* = E^* - RT \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta G^* = \Delta H^* - T\Delta S^* \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

k_B = tetapan Boltzman ($1,3806 \times 10^{-23}$ J/K)

h = tetapan Plank's ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s)

T_s =suhu puncak DTG

Tabel 3. Data aktivasi termodinamik untuk dekomposisi termal senyawompleks

Tahapan Kompleks	R ²	T _s (°K)	E* (kJ mol ⁻¹)	ΔH* (kJ mol ⁻¹)	A (s ⁻¹)	ΔS* (J K ⁻¹ mol ⁻¹)	ΔG* (kJ mol ⁻¹)
I	0,914	433	34,39	30,79	81 x 10 ⁵	-115,76	80,91
II	0,950	513	53,09	48,79	75 X 10 ³	-156,09	128,86
III	0,980	568	24,54	19,84	24 x 10 ⁶	-108,98	81,74

Dalam Tabel 3 tertera nilai entropi aktivasi ditemukan dalam bentuk negatif untuk kompleks, hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi dengan laju reaksi lebih rendah dari yang normal dan kompleks teraktifkan memiliki sifat yang lebih menentukan dari pada reaktan hal ini mungkin disebabkan karena *chemisorptions* dari hasil dekomposisi (Yalcin, 2001; Sedaghat *et al.*, 2011).

KESIMPULAN

Penelitian sintesis senyawa kompleks besi(II) dengan ligan basa Schiff 1,5-difenilkarbazona telah dilakukan dengan metode Job's variasi kontinyu perbandingan mol. Hasil studi sintesis senyawa kompleks dapat disimpulkan bahwa senyawa kompleks [Fe(DPCO-*p*-T)₃]²⁺ yang diperoleh dari perbandingan mol 1 : 3, berwarna coklat terang dengan hasil rendemen 77,68%, memiliki titik leleh: 167 ± 1 °C. Struktur ligan basa Schiff DPCO-*p*-T dan senyawa kompleks [Fe(DPCO-*p*-T)₃]²⁺ terdapat gugus azometina, azo dan hidrazon.

DAFTAR PUSTAKA

- Erdem, E., Yildirim, E. S., Kilincarslan, R., and Kabay, N. 2009. Synthesis and Characterization of azo-linked Schiff Base and their Nickel(II), Copper(II), and Zinc(II) Complexes. *Transition Met. Chem.* 34, 167-174.
- Jevtovic, V., Cvetkovic, D. & Vidovic, D. 2011. Synthesis X-Ray Characterization and Antimicrobial Activity of Iron(II) and Cobalt(III) Complexes with the Schiff Base Derived from Pyridoxal and Semicarbazide or S-methylisothio semicarbazide. *J. Iran. Chem. Soc.* Vol. 8. No. 3, 727-733.
- Khanmohammadi, H., Salehifard, M., & Abnosi, M. H., 2009. Synthesis, Characterization, Biological and Thermal Studies of Cu(II) Complexes of Salen and Tetrahydro-salen Ligands. *J. Iran. Chem. Soc.* Vol. 6, No. 2, 300-309.

- Khattak, R. I., Naqvi, I., & Akhyar M. F., 2008. Kinetics and Mechanism of the Oxidation of a Ferrous Complex with an a,a'-Diimine Chelate Ligand by Ceric Sulfate in Aqueous Acidic Medium by UV-Vis Absorption Spectroscopy. *J. Iran. Chem. Soc.* Vol. 5 No. 4, 631-640.
- Kumar, S., Dhar, N. D., & Saxena, N. P. 2009. Application of Metal Complexes of Schiff Base. A Review. *J. Sci. & Indust. Research*, 68, 181-187.
- Liu., Jian-ning., Bo-Wan-Wu., Bing Zhang & Yongchun Liu. 2006. Synthesis and Characterization of Metal Complex of Cu(II), Ni(II), Zn(II), Co(II), Mn(II) and Cd(II) with Tetradentate Schiff Bases. *Turk. J. Chem.* 30, 41-48.
- Montazerzohari, M., Hossein, H. M., Zamami, F. L. & Musavi, S. A. R. 2008. Catalytic Oxidative decarboxylation of some arylacetic acids promoted by new Mn(II) and Fe(III) Schiff base Complexes. *Arkivoc* (XI), 238-246
- Osoyole, A. A. 2008. Syntheses and Characterization of Some Tetradentate Schiff-Base Complexes and Their Heteroleptic Analogues. *E-Journal of Chemistry*. Vol. 5. No. 1, 130-135.
- Paula, A. A. M., Ralph, E. D., Skrobot, E. D., Rosa, I. L. V. 2010. Synthesis, Characterization and Catalytic Study of [N, N'-bis (3-ethoxysalicylidene)-(xylylenediamine)oxovanadium(IV) complex. *Inorganic Chemistry Communications. Elsevier*. 10, 255-261.
- Pouralimadan, O., Anne-Chamayon, C., Janiak, C., Hosseini, H-Monfered. 2007. Hydrazone Schiff base-Manganese(II) Complexes, Synthesis Crystal Structure and Catalytic reactivity. *Inorg. Chimica Acta*. 360, 1599-1608.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Sedaghat, T. and Monajjemzadeh, M. 2011. Some New Organotin(IV) Schiff Base Adducts: Synthesis, Spectroscopic Characterization and Thermal Studies. *J. Iran. Chem. Soc.*, Vol. 8, No. 2, 477-483.
- Supratman, U., 2010, *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Penerbit Widya Padjadjaran.
- Yalcin, T, 2001, Thermogravimetric Investigation of the Dehydration Kinetics of KSF, K10 and Turkish Bentonite. *Turk. J. Chem.* 25, 333-339.