



## **SINTESIS SENYAWA KOMPLEKS Mn(II) N-ETILISOPROPILDITIOKARBAMAT SEBAGAI ZAT ADITIF PADA BAHAN PELUMAS**

**Dian Ranggina<sup>a,\*</sup>, Indah Raya<sup>b</sup>, Fitri Junianti<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245, Indonesia

<sup>b</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245, Indonesia

<sup>c</sup>Jurusan Teknik Kimia Mineral, Politeknik Akademi Teknik Industri Makassar

Jl. Sunu No. 220, Makassar 90211, Indonesia

\*E-mail: dian.ranggina.dr@poliupg.ac.id

*Masuk Tanggal : 31 Mei , revisi tanggal: 19 Juni, diterima untuk diterbitkan tanggal : 30 Juni 2023*

### **Abstrak**

Senyawa N-Etilisopropildiokarbamat dapat disintesis dengan ion logam yaitu Mn (II) dari unsur transisi dalam upaya menemukan zat aditif yang baik untuk bahan pelumas. Senyawa kompleks ditiokarbamat digunakan sebagai zat aditif dalam pelumas dapat mengurangi gesekan sehingga dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan bermotor. Senyawa kompleks Mn(II)-N-Etilisopropildiokarbamat disintesis dengan metode *in situ*, yaitu dengan penambahan 6 mmol N-etilisopropilamin, 6 mmol karbon sulfida, 2 mmol larutan logam  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dan dilakukan karakterisasi senyawa kompleks dengan penentuan titik didih, analisis UV-Vis, FT-IR, konduktometer serta pengujian kekentalan ini dilakukan dengan menggunakan alat *kinematic viscosity bath* pada temperatur 40 °C dan 100 °C dengan mengukur waktu alir sampel pada viscosimeter. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sintesis senyawa kompleks Mn(II)-N-Etilisopropildiokarbamat merupakan senyawa non elektrolit (muatannya = 0) dengan titik leleh 399,9 °C, spektrum hasil analisa UV-Vis menunjukkan puncak pada panjang gelombang 230 nm, 250 nm, 310 nm, analisis FT-IR untuk jarak dekat ( $4000\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ ) kompleks Mn(II)-N-etilisopropildiokarbamat terdapat puncak serapan yang kuat pada bilangan gelombang  $2970,38\text{ cm}^{-1}$  yang menyatakan bahwa senyawa tersebut mempunyai gugus C-H alifatik dengan diperkuat oleh adanya serapan gugus metilen pada  $1473,62\text{ cm}^{-1}$  dan gugus metil pada  $1411,89\text{ cm}^{-1}$ , serapan  $1195,87\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi rentangan N-C-S. Hasil karakterisasi senyawa kompleks logam Mn(II) dengan ligan N-etilisopropildiokarbamat dapat dijadikan sebagai zat aditif pada pelumas yang lebih efektif pada suhu 100 °C daripada suhu 40 °C.

**Kata Kunci:** Pelumas, Zat aditif, Ditiokarbamat, Ion logam, Viskositas

### **Abstract**

N-Etilisopropildiokarbamate compounds can be synthesized with metal ions, namely Mn (II) from transition elements in an effort to find good additives for lubricants. The dithiocarbamate complex compound is used as an additive in lubricants to reduce friction so as to increase the fuel efficiency of motorized vehicles. The Mn(II)-N-Etilisopropildiokarbamate complex compound was synthesized by the *in situ* method, namely by adding 6 mmol N-ethylisopropylamine, 6 mmol carbon sulfide, 2 mmol  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  metal solution and characterization of complex compounds was carried out by determining the boiling point, UV-Vis analysis, FT-IR, conductometer and pThis viscosity test was carried out using a kinematic viscosity bath at a temperature of 40 °C and 100 °C by measuring the sample flow time on a viscosimeter,. The data obtained indicate that the synthesis of complex compounds Mn(II)-N-Etilisopropildiokarbamate is a non-electrolyte compound (charge = 0) with melting point 399.9 °C, spectrum hthe results of UV-Vis analysis showed peaks at wavelengths of 230 nm, 250 nm, 310 nm, FT-IR analysis for a short distance ( $4000\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ ) the Mn(II)-N-ethylisopropildiokarbamate complex had a strong absorption peak at wave

of  $2970.38\text{ cm}^{-1}$  indicating that the compound has an aliphatic CH group strengthened by the absorption of a methylene group at  $1473.62\text{ cm}^{-1}$  and a methyl group at  $1411.89\text{ cm}^{-1}$ , an absorption of  $1195.87\text{ cm}^{-1}$  indicates vibration NCS range. Results of characterization of metal complex compounds Mn(II) with N-ethylisopropylthiocarbamate ligand can be used as an additive in lubricants which is more effective at  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  than at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Keywords:** *Lubricants, Additives, Dithiocarbamate, Metal ions, Viscosity*

## 1. PENDAHULUAN

Dampak modernisasi dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat telah merambat ke segala bidang kehidupan manusia termasuk bidang industri, pembuatan kendaraan bermotor. Hal ini didukung karena penggunaan masyarakat terhadap kendaraan bermotor semakin meningkat. Berdasarkan data badan statistik, pada tahun 2022 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 152,51 juta unit. Sistem pelumas merupakan sistem yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan efektivitas kinerja mesin kendaraan bermotor, yang digunakan dalam proses pelumasan terutama pada elemen mesin kendaraan bermotor [1].

Kecenderungan masyarakat dalam menggunakan kendaraan bermotor secara terus-menerus tanpa perawatan yang teratur terhadap mesin lambat laun membuat mesin tersebut menjadi rusak. Sehingga masyarakat mulai berpikir untuk mencari pelumas yang berdaya guna untuk memberikan manfaat berlipat ganda, efektif, ekonomis, dan menghilangkan masalah polusi udara. Pelumas yang ideal pada umumnya mempunyai kriteria sebagai berikut, memiliki kekentalan yang sesuai baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah, membentuk suatu lapisan pelumasan yang kuat, memiliki titik tuang yang rendah, mempunyai daya untuk melicinkan, tingkat korosinya rendah, memiliki kemampuan membersihkan mesin, tidak beracun, tidak mudah terbakar, serta bersifat ramah lingkungan. Untuk memenuhi kriteria pelumas yang ideal, dan meningkatkan kinerja suatu pelumas, maka dibutuhkan suatu bahan kimia yang ditambahkan dalam pelumas. Bahan ini disebut zat aditif [2].

Kegunaan zat aditif dalam pelumas antara lain adalah sebagai pembersih (*detergent /dispersion additives*), anti oksidasi (*anti oxidants additives*), anti aus (*anti wear additives*), pencegah karat/korosi (*rust and corrosion inhibitors*), anti buih (*anti foam*), bahan yang dapat menurunkan titik tuang (*pour point depressants*), bahan untuk memperbaiki indeks kekentalan (*viscosity index improvers*), dan bahan untuk memodifikasi gesekan (*friction modifier*)[3].

Aditif terdiri atas unsur-unsur kimia baik logam maupun non logam. Logam berat pada

umumnya merupakan logam unsur transisi. Salah satu sifat unsur transisi adalah mempunyai kecenderungan untuk membentuk ion kompleks atau senyawa kompleks. Senyawa kompleks terbentuk karena adanya pasangan elektron bebas dari ligan menempati orbital-orbital kosong pada ion pusat. Salah satu senyawa kompleks yang digunakan sebagai zat aditif dalam pelumas adalah senyawa kompleks ditiokarbamat, misalnya kompleks molibdenum dialkilditiokarbamat yang digunakan sebagai aditif dalam minyak pelumas. Pembentukan lapisan  $\text{MoS}_2$  pada permukaan logam mengurangi gesekan sehingga dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan bermotor [4]. Huang, dkk., (2004) memanfaatkan N-N dibutil ditiokarbamat sebagai zat aditif. Parenago, dkk., (2017) telah melaporkan bahwa senyawa molibdenum yang dikomplekskan dengan senyawa ditiokarbamat efektif digunakan sebagai zat aditif antioksidan pada minyak pelumas [5], [6].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi peranan senyawa kompleks ditiokarbamat dalam bidang industri, dalam upaya menemukan zat aditif yang baik untuk bahan pelumas. Penggunaan logam Mn(II) berdasarkan fakta sebelumnya bahwa senyawa ditiokarbamat sebagian besar dapat dikomplekskan dengan ion logam dari unsur transisi, N-ethylisopropylthiocarbamat dipilih sebagai ligan dalam kompleks ini karena ligan N-ethylisopropyl ditiokarbamat memiliki kemampuan yang kuat untuk mengikat ion logam [7].

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas yang umum dipakai di laboratorium, neraca analitik, desikator, pinset, cawan petri, sarung tangan asbes, botol semprot, oven, pemanas listrik, *magnetic stirrer*, peralatan pengukur *melting point* model ELEKTRO-TERMAL 9100, konduktometer, spektrofotometer UV-Vi Jenwey, spektrofotometer Infra Red model SHIMADZU 8201 PC dan viskositas kinematik ASTM D. 445.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah n-etil-isopropilamin, karbon disulfida ( $\text{CS}_2$ ),  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , etanol 96%, etanol p.a, akuades, kertas saring Whatman 42, mesran SAE 20W-50, aseton, aluminium foil, parafilm.

## 2.2 Sintesis Senyawa Kompleks Ditiokarbamat Mn(II) N-etilisopropil ditiokarbamat

$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  sebanyak 0,3374 gram (2 mmol), dilarutkan dengan 10 mL akuades sambil dipanaskan. Sedangkan N-etilisopropilamin sebanyak 0,5229 gram (6 mmol) dilarutkan dalam 10 mL etanol 96 %. Larutan amin ditambahkan dengan  $\text{CS}_2$  (0,36 mL (6 mmol) dalam 10 mL etanol 96 %) secara perlahan-lahan pada suhu 15 °C, kemudian diaduk selama 15 menit. Larutan ligan N-etilisopropil ditiokarbamat yang terbentuk kemudian ditambahkan dengan larutan logam  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit. Campuran senyawa kompleks kemudian disaring. Endapan dimasukkan dalam desikator dan filtrat didiamkan.

Endapan yang terbentuk dilarutkan dengan etanol p.a. Setelah terbentuk kristal, larutan tersebut kemudian disaring dengan kertas saring Whatman sehingga terpisah antara filtrat dan kristal. Endapan kemudian diambil lalu direkristalisasi dengan menggunakan etanol p.a. Kristal yang diperoleh dikeringkan dalam desikator.

## 2.3 Analisis Karakterisasi Senyawa Kompleks

Karakterisasi senyawa kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat dilakukan dengan mengukur titik lelehnya menggunakan alat *melting point*. Setelah itu dilakukan analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis ( $\lambda = 200\text{-}800\text{ nm}$ , diukur spektrumnya dengan FT-IR pada daerah  $4000\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ ). Dan dilakukan uji daya hantar listriknya pada senyawa kompleks dengan menggunakan alat konduktometer.

## 2.4 Uji Zat Aditif pada Pelumas

Senyawa kompleks hasil sintesis ditimbang masing-masing sebesar 0,05 gram, 0,08 gram, dan 0,1 gram dilarutkan dengan 50 mL aseton. Larutan dimasukkan ke dalam pipa kapiler setelah itu dimasukkan kedalam *kinematic viscosity bath* sekitar 30 menit. Pengujian viskositas kinematik dilakukan pada suhu 40 °C dan 100 °C diukur waktu alir sampelnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, disintesis senyawa kompleks disintesis dengan mereaksikan ion logam  $\text{Mn}^{2+}$  dengan salah satu ligan ditiokarbamat yaitu N-etilisopropilditiokarbamat. Ligan tersebut disintesis terlebih dahulu dengan mereaksikan N-etilisopropilamin sebanyak 0,5229 gram (6 mmol) dengan larutan  $\text{CS}_2$  sebanyak 0,36 mL (6 mmol) dengan menggunakan pelarut etanol.

Sintesis senyawa kompleks Mn(II) dengan N-etilisopropilditiokarbamat dilakukan dengan mereaksikan  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  sebanyak 0,3380 gram (2 mmol) yang dilarutkan dengan akuades sambil dipanaskan, dengan larutan ligan N-isopropilditiokarbamat. Senyawa kompleks Mn(II)-N-Etilisopropilditiokarbamat yang dihasilkan berwarna coklat sebanyak 0,4037 gram dan rendemen yang diperoleh adalah sebesar 49,59%.

### 3.1 Analisis Karakterisasi Senyawa Kompleks

#### 3.1.1 Pengukuran Titik Leleh

Pengukuran titik leleh senyawa kompleks ditiokarbamat ditentukan oleh ion logam dan jenis ligan. Hasil yang didapatkan untuk analisis ini yaitu 399,9 °C untuk kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat. Prihantono, dkk., (2020), melakukan sintesis logam Mn(II) dengan ligan arginin ditiokarbamat titik lelehnya diperkirakan antara 202 -204 °C, perbedaan yang signifikan ini diakibatkan adanya perbedaan struktur ligan yang digunakan, dimana arginin merupakan asam amino yang memiliki titik leleh antara 200 – 300 °C, sedangkan ligan isopropilditiokarbamat yang tersusun dari atom karbon sekunder [melting point]. Pengikatan yang kuat antara ion pusat dengan ligan akan menunjukkan titik leleh yang tinggi. Ukuran dan muatan ion logam pusat sangat mempengaruhi titik leleh dari senyawa kompleks. Apabila ukuran ion logam yang semakin besar akan memberikan interaksi yang lemah di antara ligan ditiokarbamat dengan ion logam, sehingga titik leleh akan semakin rendah pula. Makin besar muatan dari ion logam maka interaksi antara ligan dan logam akan semakin kuat sehingga titik lelehnya pun akan tinggi [8].

#### 3.1.2 Pengukuran Konduktivitas

Nilai konduktivitas senyawa ditiokarbamat yang diperoleh dapat memberikan petunjuk apakah senyawa kompleks yang diukur bersifat elektrolit ataupun bukan elektrolit, dengan menghitung selisih nilai konduktivitas pelarut dengan senyawa kompleks yang dihasilkan. Apabila selisihnya lebih besar dari 75 maka kompleks tersebut tergolong elektrolit, namun jika

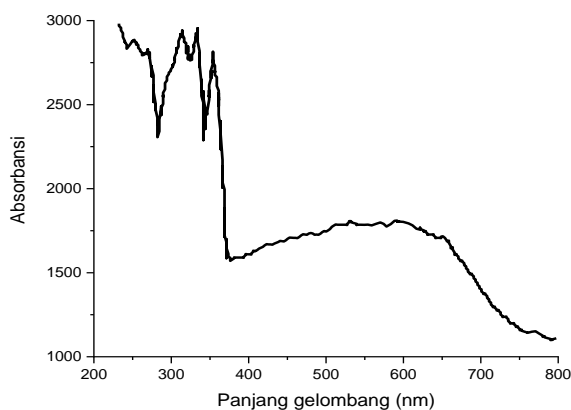
selisihnya kurang dari 75 maka kompleks tersebut tergolong bukan elektrolit [9].

Nilai konduktivitas aseton, yang digunakan sebagai pelarut, dan Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat dalam aseton yaitu 505,3 mv dan 508,6 mv. Senyawa kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat, memiliki selisih nilai konduktivitas yang lebih kecil dari 75, sehingga dapat disimpulkan merupakan senyawa non elektrolit (muatannya= 0). Nilai konduktivitas ini dipengaruhi oleh jenis dan jumlah muatan dari ion logam sebagai atom pusat yang mengikat ligan. Apabila muatan ion logam yang besar maka nilai konduktivitasnya pun akan tinggi.

### 3.1.3 Analisis Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS

Senyawa kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat ditimbang sebanyak 0,0126 gram, dilarutkan dengan 20 mL aseton. Selanjutnya dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diamati absorbansinya pada panjang gelombang 200-800 nm. Senyawa ditiokarbamat biasanya mempunyai spektrum UV-Vis dengan dua puncak serapan utama yaitu, puncak serapan yang timbul akibat transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada ikatan N=C dan biasanya berada pada daerah 250 - 300 nm. Kedua adalah puncak serapan yang timbul akibat transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada ikatan S=C yang berada pada daerah di bawah 250 nm [10], [11].

Hasil spektrum UV-Vis dari senyawa kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Spektrum UV-Vis pada Gambar 1. terdapat puncak pada panjang gelombang 230 nm, 250 nm, 310 nm. Serapan panjang gelombang maksimum, 310 nm merupakan Mn(II) dipengaruhi oleh pengikatan antara logam dan ligan.

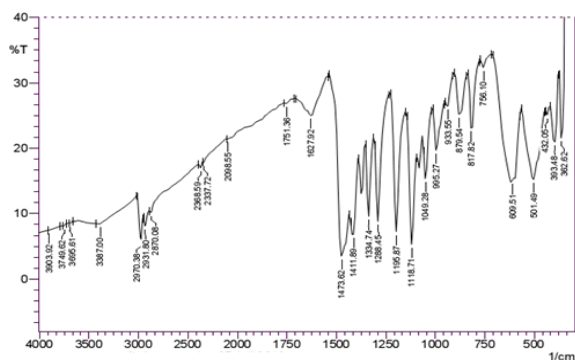


Gambar 1. Spektrum UV-Vis Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat

### 3.1.4 Analisis Dengan Menggunakan FT-IR

Analisis dengan FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus-gugus yang terikat dalam senyawa kompleks hasil sintesis. Analisis ini dilakukan pada frekuensi 4000-300  $\text{cm}^{-1}$ . Pada rentang itu sebenarnya tidak dapat ditunjukkan vibrasi ikatan antara ion logam dengan ligan. Sebenarnya tidak dapat digunakan untuk menunjukkan vibrasi ikatan dari gugus fungsi yang terdapat pada kristal senyawa kompleks. Untuk mengetahui vibrasi ion pusat dengan ligan, maka digunakan analisis FT-IR jauh yang mempunyai rentang 500-300  $\text{cm}^{-1}$  [10]. Dari analisis FT-IR baik jauh maupun dekat untuk senyawa kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1.

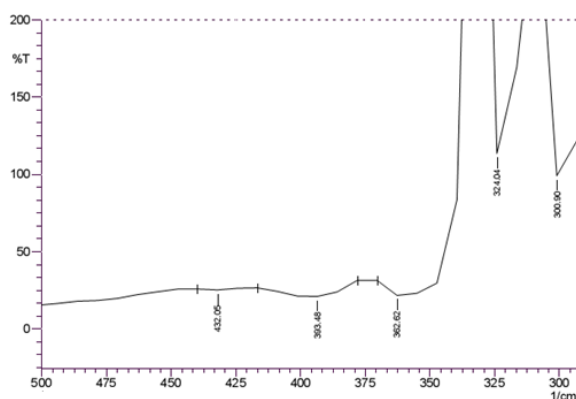
Berdasarkan analisis FT-IR untuk jarak dekat (4000-300  $\text{cm}^{-1}$ ) kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat pada Gambar 2. terdapat puncak serapan yang kuat pada bilangan gelombang 2970,38  $\text{cm}^{-1}$  yang menyatakan bahwa senyawa tersebut mempunyai gugus C-H alifatik dengan diperkuat oleh adanya serapan gugus metilen pada 1473,62  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus metil pada 1411,89  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan 1195,87  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi rentangan N-C-S. Selain itu, keberadaan gugus C-S diperkuat dengan adanya serapan pada 609,51  $\text{cm}^{-1}$ . Keberadaan gugus C-S dari spektrum kompleks tersebut, muncul sebagai serapan tunggal menunjukkan pengkoordinasian ligan etilisopropilditiokarbamat secara bidentat dengan masing-masing logamnya [11], [12].



Gambar 2. Spektrum IR dekat kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat

Sedangkan spektrum hasil analisis FT-IR pada jarak jauh (500-300  $\text{cm}^{-1}$ ) kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat, yang terlihat pada Gambar 3. menunjukkan pengikatan antara ligan dan logam di serapan 324,04  $\text{cm}^{-1}$ .





Gambar 3. Spektrum IR jauh kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat

Tabel 1. Interaksi gugus fungsi yang terjadi antara logam Mn(II) dan N-etilisopropilditiokarbamat

NO.	Bilangan Gelombang Mn(II)-N-etilisopropil dtc (cm <sup>-1</sup> )	Keterangan	Bilangan Gelombang Ln[N,N-etilisopropil dtc] <sub>3</sub> Phen*
1.	2970,38	(C-H) alifatik	2955,08
2.	1473,62	CH <sub>2</sub>	1480,26
3.	1411,89	CH <sub>3</sub>	1424,02
4.	1195,87	(N-C-S)	1141,58
5.	1118,71	(C=S)	1071,44
6.	1049,28	(C=S)	988,35
7.	609,51	(C-S)	843,73
8.	324,04	(Mn-S)	363,61

### 3.1.1 Uji Viskositas Aditif Pada Pelumas

Pengujian zat aditif pada pelumas dilakukan untuk mengetahui kemampuan senyawa kompleks yang disintesis. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur dan membandingkan tingkat kekentalan pelumas sebelum dan sesudah penambahan senyawa kompleks sebagai zat aditif. Kekentalan atau viskositas adalah ukuran tahanan mengalir suatu pelumas, merupakan karakteristik yang sangat penting dari pelumas [13]. Baik tidaknya suatu pelumas bekerja dalam mesin sangat ditentukan oleh tingkat kekentalan pelumas. Pengujian kekentalan ini dilakukan dengan menggunakan alat *kinematic viscosity bath* pada temperatur 40 °C dan 100 °C dengan mengukur waktu alir sampel pada viskosimeter, yang di tunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Viskositas pada Suhu 40 °C dan 100 °C

No.	Nama Senyawa	Konsentrasi (%)	Viskositas suhu 40 °C (cSt)	Viskositas suhu 100 °C (cSt)
1.	Standar	Standar	128,46	14,04
2.	Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat	0,10	103,18	15,63
		0,16	57,32	15,97
		0,20	98,80	16,42

Hasil pengukuran viskositas kinematik pada suhu 40 °C dan 100 °C, memperlihatkan pengaruh nilai viskositas dengan temperatur baik sebelum dan setelah penambahan zat aditif dalam pelumas dengan variasi konsentrasi.

Pada temperatur 40 °C, nilai viskositas yang diperoleh lebih kecil dari pelumas tanpa zat aditif. Maka dapat disimpulkan bahwa senyawa kompleks yang telah disintesis tidak efektif sebagai zat aditif dalam pelumas pada suhu 40 °C, hal ini dipengaruhi oleh ikatan koordinasi antara logam dengan ligan ditiokarbamat tidak mudah terputus pada suhu yang rendah. Sedangkan untuk suhu 100 °C, nilai viskositas terus mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan konsentrasi. Hal ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan ukuran dari masing-masing ion logam kompleks, yang mempengaruhi panjang ikatan. Semakin panjang ikatan dalam molekul, mengakibatkan ikatan logam dengan ligan terbentuk semakin renggang sehingga mudah terputus sehingga dapat meningkatkan nilai viskositas dari pelumas [14].

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kompleks dari ion logam Mn(II) dengan ligan N-etilisopropilditiokarbamat dapat disintesis. Sintesis kompleks Mn(II)-N-etilisopropilditiokarbamat yang dihasilkan berwarna coklat dengan rendemen sebesar 49,59% dan titik leleh 399,9 °C. Hasil karakterisasi senyawa kompleks logam Mn(II) dengan ligan N-etilisopropilditiokarbamat dapat dijadikan sebagai zat aditif pada pelumas yang lebih efektif pada suhu 100 °C daripada suhu 40 °C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin, serta PT. Pertamina (Persero), yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pengujian sampel dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Antonius, K. Turnip, P. Atmadi, and A. G. L. Krisnamurti, "Analisis Pengaruh Jenis Pelumas Dasar Sintetik SAE 10W-40 Terhadap Daya, Torsi dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin TIPE 2NR," *J. METTEK*, vol. 5, no. 1, p. 10, 2019, doi: 10.24843/mettek.2019.v05.i01.p02.
- [2] R. de Araujo-Silva, A. C. Vieira, R. de C. Giordano, R. Fernandez-Lafuente, and P. W. Tardioli, "Enzymatic Synthesis of Fatty Acid Isoamyl Monoesters from Soybean Oil Deodorizer Distillate: A Renewable and Ecofriendly Base Stock for Lubricant Industries," *Molecules*, vol. 27, no. 9, 2022, doi: 10.3390/molecules27092692.
- [3] P. D. Srivivas and M. S. Charoo, "Effect of lubricants additive: Use and benefit," *Mater. Today Proc.*, vol. 18, pp. 4773–4781, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.465.
- [4] M. Al Kharboutly *et al.*, "Mo(VI) dithiocarbamate with no pre-existing Mo–S–Mo core as an active lubricant additive," *Tribol. Int.*, vol. 154, no. May 2020, p. 106690, 2021, doi: 10.1016/j.triboint.2020.106690.
- [5] W. Huang, B. Hou, P. Zhang, and J. Dong, "Tribological performance and action mechanism of S-[2-(acetamido)thiazol-1-yl] dialkyl dithiocarbamate as additive in rapeseed oil," *Wear*, vol. 256, no. 11–12, pp. 1106–1113, 2004, doi: 10.1016/S0043-1648(03)00532-5.
- [6] O. P. Parenago, G. N. Kuz'mina, and T. A. Zaimovskaya, "Sulfur-containing molybdenum compounds as high-performance lubricant additives (Review)," *Pet. Chem.*, vol. 57, no. 8, pp. 631–642, 2017, doi: 10.1134/S0965544117080102.
- [7] P. Martini *et al.*, "Synthesis and characterization of manganese dithiocarbamate complexes: New evidence of dioxygen activation," *Molecules*, vol. 26, no. 19, 2021, doi: 10.3390/molecules26195954.
- [8] Prihantono, R. Irfandi, I. Raya, and Warsinggih, "Potential anticancer activity of Mn (II) complexes containing arginine dithiocarbamate ligand on MCF-7 breast cancer cell lines," *Ann. Med. Surg.*, vol. 60, no. November, pp. 396–402, 2020, doi: 10.1016/j.amsu.2020.11.018.
- [9] X. Q. Song, J. R. Zheng, W. S. Liu, and Z. H. Ju, "Synthesis, structure and spectroscopic properties of rare earth complexes with a new aryl amide 2,2'-bipyridine derivative," *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 69, no. 1, pp. 49–55, 2008, doi: 10.1016/j.saa.2007.03.007.
- [10] D. Setiawan, "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Radiolantanida Lutesium-177 (177Lu) - Di-n-butil Ditiokarbamat untuk Radioperunut di Industri," *J. Sains dan Teknol. Nukl. Indones.*, vol. 12, pp. 27–38, 2011.
- [11] R. Irfandi *et al.*, "Study of new Zn(II)Prolinedithiocarbamate as a potential agent for breast cancer: Characterization and molecular docking," *J. Mol. Struct.*, vol. 1252, p. 132101, 2022, doi: 10.1016/j.molstruc.2021.132101.
- [12] L. Hou and S. Chen, "Synthesis and structure research of Bis[N, N-bis(2-hydroxyethyl)dithiocarbamate-κ2S,S']nickel(II)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 514, no. 5, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/514/5/052005.
- [13] A. Hermawan, I. B. Rahardja, M. Y. Syam, H. Sukismo, and N. Patah, "Analysis of Viscosity of Lubricating Oil on Generator Machine Working Hours at KP . Macan Tutul 4203," *J. Appl. Sci. Adv. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 69–74, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JASAT/article/view/4312/3086>.
- [14] R. Siskayanti and M. E. Kosim, "Analisis Pengaruh Bahan Dasar Terhadap Indeks Viskositas Pelumas Berbagai Kekentalan," *J. Rekayasa Proses*, vol. 11, no. 2, p. 94, 2018, doi: 10.22146/jrekpros.31147.