

VOLUME 9

ISSUE 1

JANUARY – JUNE 2021

AI-Kimia

Potensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) di Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan sebagai Agen Fitoremediasi terhadap Ion Logam Cu^{2+}

Muhammad Nasir, Dingse Pandiangan, Susan Marlein Mambu, Muhummad Nur, Siti Fauziah, Nur Insani Amir, Rizal Irfandi, Sahriah Rahim

Pembuatan Nano Partikel Kalsium (Ca) dari Limbah Tulang Ikan Patin (*Pangasius sp*) Menggunakan Metode Ultrasound- Assisted Solvent Extraction

Nuramaniyah Taufiq, Risky Nurul Fadlila RN

Uji Kualitas Tepung Jagung Alternatif dari Limbah Tongkol Jagung dengan menggunakan *Lactobacillus casei*

Mirnawati Mirnawati, Ida Irdaliah

Pemilihan Monomer Fungsional Terbaik Dalam Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Monogliserida Lard Menggunakan Metode Komputasi

Adi Syahputra, Nurhadini Nurhadini, Fajar Indah Puspitasari

Pemanfaatan Berbagai Kulit Buah Sebagai Material Penyerap Ion Logam Zinc Pada Limbah Perairan

Andreas Difa, Desy Kurniawati, Budhi Oktavia, Rahardian Z

Steroid dari Kulit Batang *Aglaia grandis* (Meliaceae)

Siti Hani Pratiwi, Kindi Farabi, Nurlelasari, Rani Maharani, Agus Safari, Unang Supratman, Desi Harneti

Optimalisasi Penentuan Logam $Cu(II)$ dalam Sampel Air Menggunakan Metoda Voltametri Stripping Adsorptif (VSA_d)

Hilfi Pardi, Nancy Willian

Kajian in Silico Aktivitas Antioksidan Senyawa Bioaktif dalam Minyak Serai (*Cymbopogon citratus*)

Dewi Ratih Tirto Sari, Yohanes Bare

Study in Silico Senyawa Asam Asiatik dan Turunannya Sebagai Anti Katarak

Firlia Nur Fadila, I Gusti Made Sanjaya

Sintesis Ferri Salen-Taeniolit Sebagai Katalisator Pada Reaksi Pembentukan Monomer Poli Karbonat

Alimuddin, Agusriyadin, Syahrir, Laode Abdul Kadir

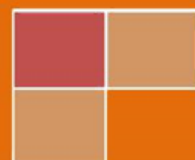
Artikel Review: Faktor yang Mempengaruhi Persen Biogasoline Minyak Nabati Menggunakan Katalis HZSM-5 dengan Metode Catalytic Cracking

Dewinta Intan Laily, Dina Kartika Maharani

Jurusan Kimia UIN Alauddin Makassar

p-ISSN: 2302-2736

e-ISSN: 2549-9335



Al-Kimia

EDITOR IN CHIEF
Sjamsiah

MANAGING EDITOR
Ummi Zahra

REVIEWER

Suminar Setiati
Irmanida Batubara
Sri Sugiarti
Muharram
Philiphi De Rosari
Ajuk Sapar
Masriany
Asri Saleh
Sitti Chadijah
Asriyani Ilyas
Aisyah

SECTION EDITOR

Rani Maharani
Iin Novianty
Firnanely
Chusnul Khatimah
Satriani

PUBLISHER

Departmen of Chemistry
Faculty of Science and Technology
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36 Gowa South Sulawesi Indonesia
E -mail: al-kimia@uin-alauddin.ac.id

Al-Kimia

TABLE OF CONTENT

Potensi Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>) di Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan sebagai Agen Fitoremediasi terhadap Ion Logam Cu ²⁺ Muhammad Nasir, Dingse Pandiangan, Susan Marlein Mambu, Muhummad Nur, Siti Fauziah, Nur Insani Amir, Rizal Irfandi, Sahriah Rahim	1-8
Pembuatan Nano Partikel Kalsium (Ca) dari Limbah Tulang Ikan Patin (<i>Pangasius sp</i>) Menggunakan Metode Ultrasound- Assisted Solvent Extraction Nuramaniyah Taufiq, Risky Nurul Fadlila RN	9-15
Uji Kualitas Tepung Jagung Alternatif dari Limbah Tongkol Jagung menggunakan <i>Lactobacillus casei</i> Mirawati Mirawati, Ida Ildaliah	16-22
Pemilihan Monomer Fungsional Terbaik dalam Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Monogliserida Lard Menggunakan Metode Komputasi Adi Syahputra, Nurhadini Nurhadini, Fajar Indah Puspitasari	23-33
Pemanfaatan Berbagai Kulit Buah Sebagai Material Penyerap Ion Logam Zinc Pada Limbah Perairan Andreas Difa, Desy Kurniawati, Budhi Oktavia, Rahardian Z	34-43
Steroid dari Kulit Batang <i>Aglaia grandis</i> (Meliaceae) Siti Hani Pratiwi, Kindi Farabi, Nurilelasari, Rani Maharani, Agus Safari, Unang Supratman, Desi Harneti	44-49
Optimalisasi Penentuan Logam Cu(II) dalam Sampel Air Menggunakan Metoda Voltametri Stripping Adsorptif (VSA _d) Hilfi Pardi, Nancy Willian	50-60
Kajian in Silico Aktivitas Antioksidan Senyawa Bioaktif dalam Minyak Serai (<i>Cymbopogon citratus</i>) Dewi Ratih Tirto Sari, Yohanes Bare	61-69
Study In Silico Senyawa Asam Asiatik dan Turunannya Sebagai Anti Katarak Firlia Nur Fadila, I Gusti Made Sanjaya	70-80
Sintesis Ferri Salen-Taeniolit Sebagai Katalisator Pada Reaksi Pembentukan Monomer Poli Karbonat Alimuddin, Agusriyadin, Syahrir, Laode Abdul Kadir	81-88
Artikel Review: Faktor yang Mempengaruhi Persen Biogasoline Minyak Nabati Menggunakan Katalis HZSM-5 dengan Metode Catalytic Cracking Dewinta Intan Laily, Dina Kartika Maharani	89-102

Sintesis Ferri Salen-Taeniolit Sebagai Katalisator Pada Reaksi Pembentukan Monomer Poli Karbonat

Alimuddin^{1*}, Agusriyadin², Syahrir³, dan Laode A Kadir⁴

^aJurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sepuluh November Kolaka, Sulawesi Tenggara

^bJurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Sepuluh November Kolaka, Sulawesi Tenggara

^cJurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Sulawesi Tenggara

^dJurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Sulawesi Tenggara

*Corresponding author: aaalimuddin45@gmail.com

Received: January,20,2020 /Accepted: June,16,2021

doi: 10.24252/al-kimiav9i1.10768

Abstract: The researcher has succeeded in synthesizing the Ferri Salen-Taeniolite complex as a clay based catalyst and applying it to the reaction of glycerol carbonate formation. Lewis acidity of the catalyst complex can increase through the immobilization process in addition, the activity and selectivity of the catalyst also increase. The formation of salene ligands is shown by the appearance of the peak C=N at the wave number around 1640 cm⁻¹ and the O-H peak around 3400 cm⁻¹. The formation of the Fe(salen)NO₃ complex is indicated by the reduction of the vibration intensity O-H at the wave number of about 3400 cm⁻¹ and the shift of the peak C=N in the area around 1640 cm⁻¹ to 1690 cm⁻¹. The complex [Fe(salen)]NO₃ has been synthesized with physical properties in the form of brown powder and effective magnetic moment by 2,197 BM. The complex [Fe(salen)]⁺ was successfully immobilized into the LiTN as much as 9.12 mmol/g LiTN. Based on the catalytic activity test, the catalyst was active in the reaction of polycarbonate monomer formation which is indicated by a change in vibration of the urea carbonyl (CO amine) group at wave number 4242 cm⁻¹ to vibrate the carbonyl group (CO ester) at wave number 1786 cm⁻¹ which indicates that glycerol carbonate has been formed.

Key word: Taeniolite, katalisator, polikarbonat

PENDAHULUAN

Litium taeniolit (LiTN) merupakan salah satu lempung (*clay*) sintetik yang memiliki kapasitas penukar kation yang besar. LiTN dilaporkan memiliki kapasitas penukar kation Li⁺ sebesar 2,68 mmol/g LiTN (Permana Y, 2012). Li⁺ dapat dipertukarkan dengan kompleks kationik. Kompleks kationik [Fe(III)(salen)]⁺ yang diimmobilisasi ke dalam LiTN belum dilaporkan sejauh yang penulis telusuri.

Sintesis kompleks kationik [Fe(III)-salen]⁺ yang diimmobilisasi ke dalam LiTN dilakukan agar anion garam prekursor tidak terkoordinasi sebagai ligan, maka digunakan garam Fe(NO₃)₃.9H₂O sebagai prekursor karena NO₃⁻ lebih menyukai bertindak sebagai *counter* anion dibandingkan sebagai ligan. Jika digunakan garam lain, misalnya FeCl₃, maka akan terbentuk kompleks non-ionik karena klorida akan berkoordinasi kepada logam pusat, bukan sebagai *counter anion* seperti yang dilaporkan dalam literatur (Bai C dkk., 2013, Khabazzadeh H dkk., 2013, Routler

S dkk., 1999). Jika kompleks yang terbentuk bersifat non-ionik, maka kompleks tidak dapat diimobilisasi ke dalam LiTN untuk menggantikan Li⁺.

Telah berhasil disintesis kompleks Ferri salen-Taenolit sebagai suatu katalis yang berbasis *clay* atau lempung dan mengaplikasikannya untuk reaksi pembentukan gliserol karbonat. Sifat Keasaman Lewis logam pusat kompleks katalis dapat meningkat melalui proses imobilisasi (Suzuki N dkk., 2000) selain itu, aktivitas dan selektivitas katalis juga mengalami peningkatan. Dengan metode ini diharapkan katalis ini memiliki sifat katalitik yang baik pada temperatur rendah dan menghasilkan monomer poli karbonat (gliserol karbonat).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah etilendiamin, 2-hidroksibenzaldehid, Fe(NO₃)₃·9H₂O, LiTN, etanol, n-heksana, dan DMF. Semua bahan diperoleh dari E-Merck dengan kualitas *pro analysis* (p.a.).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dideskripsikan sebagai berikut : Ligan salen , Kompleks [Fe(III)salen]NO₃ dikarakterisasi dengan FTIR (*Alpha FT-IR Spectrometer Bruker*), dan MSB (*Magnetic Susceptibility Balance Mark 1*) . interkalasi kompleks [Fe(III)salen]⁺ ke dalam LiTN dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction*. Jumlah kompleks [Fe(III)salen]⁺ yang berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN ditentukan dengan membandingkan mol kompleks [Fe(III)salen]⁺ sebelum diimobilisasi dengan setelah diimobilisasi. Penentuan konsentrasi kompleks [Fe(III)salen]⁺ setelah diimobilisasi ditentukan dengan spektrofotometer UV-Vis (*Cary 60 Agilent*).

Prosedur

Sintesis Ligan Salen

Ligan salen (H₂-salen) disintesis dari reaksi kondensasi antara 0,4 mL etilendiamin dan 1,2 mL 2-hidroksibenzaldehid. Prosedur ini merupakan modifikasi dari prosedur yang dilaporkan pada literatur Bai dkk., 2013. Endapan yang terbentuk dicuci dengan etanol dan selanjutnya dikeringkan di udara. Produk yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

Sintesis Kompleks [Fe(III)(salen)]NO₃

Kompleks [Fe(III)salen]NO₃ disintesis dengan modifikasi yang pernah dilaporkan Khabazzadeh dkk., 2013 pada literatur untuk kompleks non-ionik [Fe(III)(salen)Cl]. Kompleks [Fe(III)salen]NO₃ disintesis dari 0,8 g Fe(NO₃)₃·9H₂O dan 0,56 g H₂-salen hasil sintesis dalam pelarut etanol sebanyak 10 mL. Campuran diaduk selama 4 jam pada suhu ruang. Untuk mengendapkan kompleks, dilakukan penambahan n-heksana. Kompleks yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan FTIR dan (*Magnetic Susceptibility Balance*) MSB.

Imobilisasi Kompleks [Fe(III)(salen)]⁺ ke dalam LiTN

0,1 g LiTN di-*swelling* dalam 10 mL DMF dan selanjutnya ditambahkan 0,0477 g kompleks yang terbentuk (0,124 mmol [Fe(III)(salen)]⁺ = 50% kapasitas penukar kation Li⁺/0,1 g LiTN). Campuran diaduk pada suhu ruang selama 72 jam. Banyaknya kompleks yang berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN diukur dengan menghitung selisih konsentrasi larutan kompleks awal dengan konsentrasi filtrat setelah proses *ion exchange* menggunakan spektrometer *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis).

Uji Katalitik $[Fe(III)(salen)]^+-TN$ Pada Reaksi Pembentukan Gliserol Karbonat

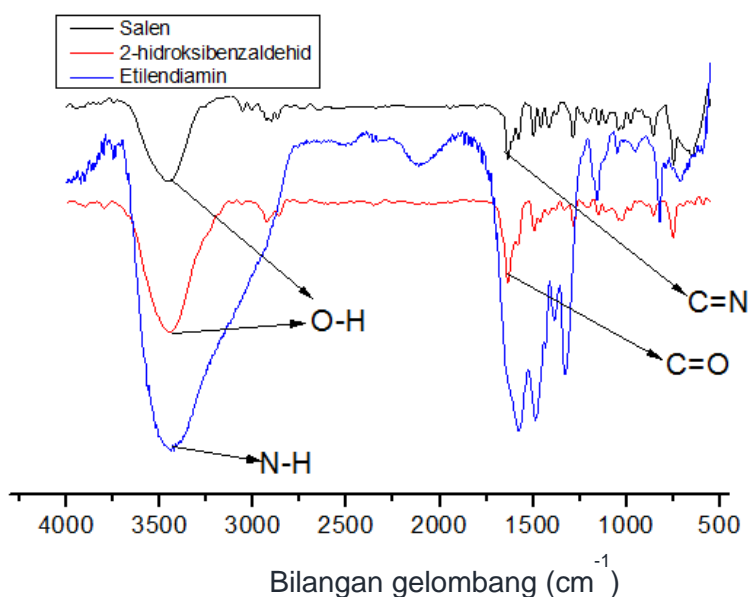
Tipikal reaksi pembentukan gliserol karbonat dari urea dan gliserol dilakukan dalam 100 mL tabung *Schlenk* yang terhubung dengan *vacum line*. Gliserol sebanyak 50 mmol (4,6 g) direaksikan dengan urea sebanyak 50 mmol (3,0 g) dan katalis $[Fe(III)(salen)]^+-TN$ sebanyak 5 mol% terhadap gliserol. Reaksi ini diaduk pada laju konstan 640 rpm sambil dipanaskan pada suhu 150 °C. Kemudian metanol 1 mL dimasukkan dan katalis dipisahkan menggunakan metode filtrasi.

Karakterisasi Produk

Hasil reaksi dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk melihat ($\nu_{CO\ ester}$ 1735–1820 cm^{-1}). Bilangan gelombang 1735-1820 nm merupakan Vibrasi khas CO ester pada monomer gliserol karbonat.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Sintesis Ligan Salen**

Terbentuknya ligan salen ditunjukkan dengan munculnya puncak C=N pada bilangan gelombang sekitar 1640 cm^{-1} dan puncak O-H sekitar 3400 cm^{-1} . Puncak C=N yang lemah kemungkinan disebabkan oleh gugus C=N yang tidak berada dalam gugus bebas, tetapi membentuk ikatan R-C=N-R. Puncak vibrasi ulur dan tekuk N-H yang awalnya muncul pada etilendiamin masing-masing pada bilangan gelombang 3500-3100 dan 1640 cm^{-1} tidak muncul pada ligan salen. Puncak vibrasi C=O pada bilangan gelombang 1740-1720 yang awalnya muncul pada 2-hidroksibenzaldehid juga tidak muncul pada ligan salen (Gambar 1)



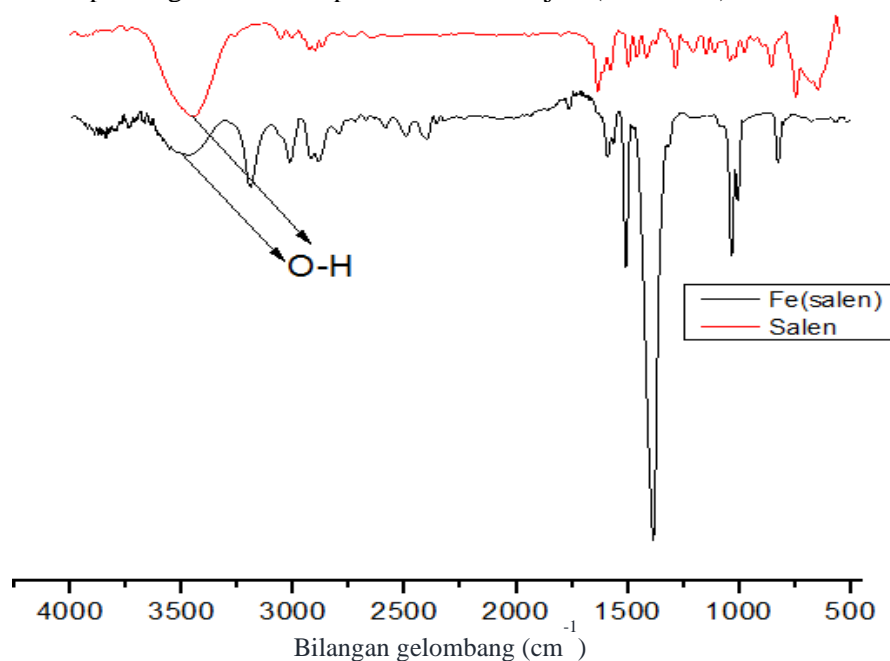
Gambar 1. Spektra FTIR etilendiamin, 2-hidroksibenzaldehid, dan ligan H₂-salen.

Sintesis Kompleks $[Fe(salen)]NO_3$

Kompleks Fe(III)-salen dengan klorida terkoordinasi sebagai ligan dilaporkan berwujud cairan berwarna ungu gelap (Bai C dkk., 2013), sedangkan produk $[Fe(salen)]NO_3$ yang dihasilkan pada percobaan ini berupa larutan berwarna ungu kecoklatan. Produk yang diharapkan terbentuk adalah berupa senyawa ionik. Oleh karena itu, untuk mengendapkan produk yang terbentuk, maka ditambahkan pelarut nonpolar,

yaitu n-heksan. Endapan yang terbentuk berwarna coklat. Selanjutnya, campuran didekantasi dan endapan dikeringkan di udara terbuka.

Terbentuknya kompleks $\text{Fe}(\text{salen})\text{NO}_3$ ditunjukkan dengan berkurangnya intensitas vibrasi O-H pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm^{-1} dan bergesernya puncak C=N pada daerah sekitar 1640 cm^{-1} ke 1690 cm^{-1} . Munculnya puncak O-H pada kompleks $\text{Fe}(\text{salen})\text{NO}_3$ kemungkinan berasal dari uap air di udara. Vibrasi atom pusat Fe^{3+} dengan atom N dan O pada ligan salen ada pada daerah sidik jari (Gambar 2).



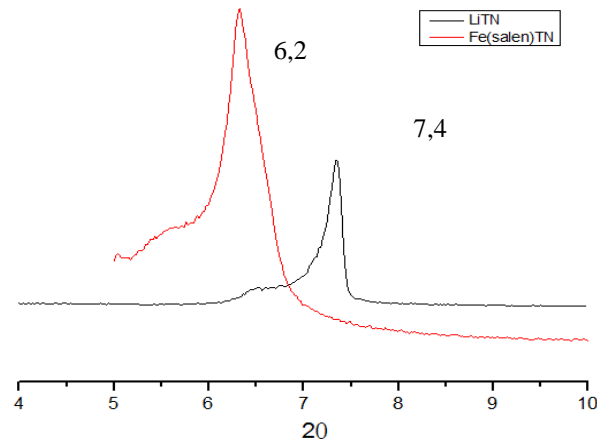
Gambar 2. Spektra FTIR ligan H_2 -salen dan kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]\text{NO}_3$.

Karakterisasi dengan MSB dilakukan untuk mengetahui momen magnet efektif senyawa kompleks yang terbentuk sehingga dapat diketahui apakah kompleks yang terbentuk merupakan spin tinggi atau spin rendah. Hasil perhitungan momen magnet berdasarkan pengukuran dengan MSB menunjukkan angka momen magnet efektif 2,196 BM. Pada literatur, harga momen magnet kompleks spin rendah untuk kation Fe^{3+} adalah 2,0-2,5 BM. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kompleks yang terbentuk merupakan kompleks spin rendah dengan 1 elektron tak berpasangan. Hal ini menunjukkan kesesuaian teori bahwa ligan tetradentat akan menghasilkan kompleks spin rendah (Permana Y dkk., 2014).

Imobilisasi Kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ ke dalam LiTN

Kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ diimobilisasi ke dalam LiTN melalui metode pertukaran ion. Untuk melihat apakah kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN, maka dilakukan karakterisasi dengan PXRD. Adanya pergeseran 2θ ke sudut yang lebih kecil dan ekspansi d_{001} menunjukkan bahwa kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN (Gambar 3 dan Tabel 1).

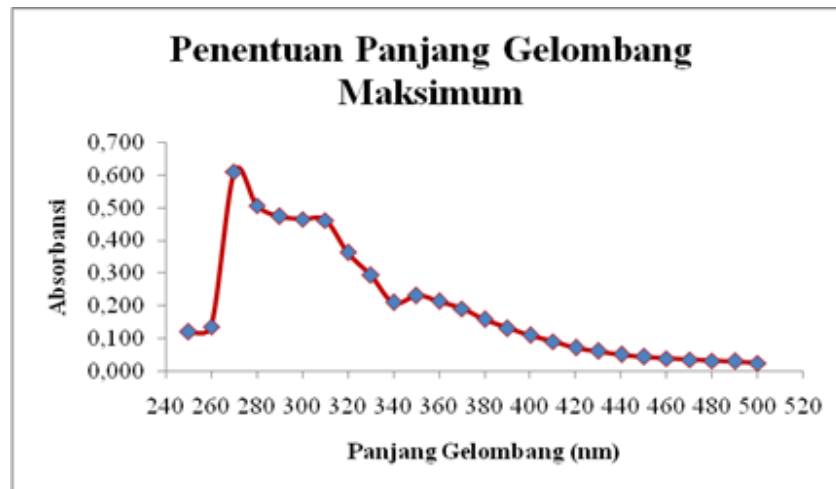
Banyaknya kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ yang berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN ditentukan dengan pengukuran menggunakan spektrometer UV-Vis. Selisih mol kompleks $[\text{Fe}(\text{salen})]\text{NO}_3$ antara sebelum dan setelah diimobilisasi ke dalam LiTN merupakan banyaknya $[\text{Fe}(\text{salen})]^+$ yang berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN.



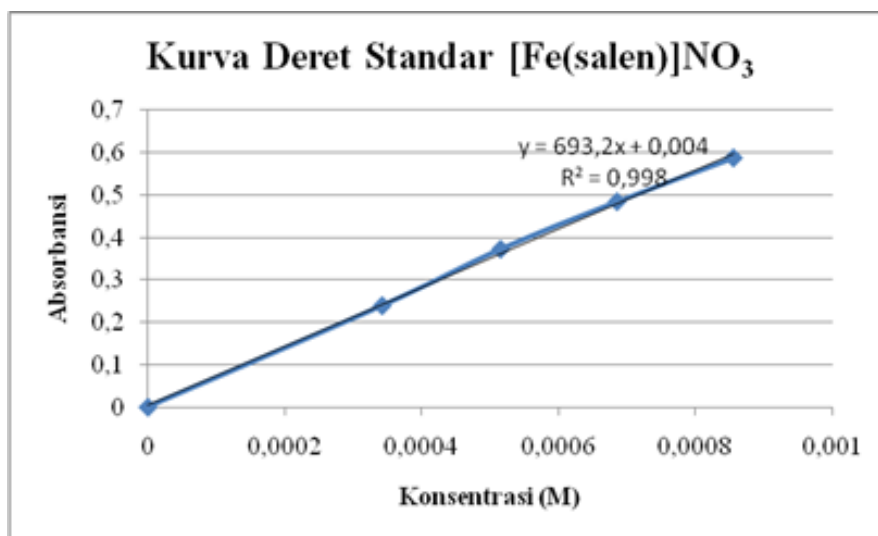
Gambar 3. Pola difraksi XRD LiTN dan Fe(salen)/TN

Tabel 1. Loading amount dan parameter XRD TN dan [Fe(salen)]⁺/TN

Sampel	L.A (mmol/g)	d_{001} (nm)	C.S.(nm)
TN	-	1,2	0,24
[Fe-(salen)] ⁺ /TN	0,912	1,4	0,44

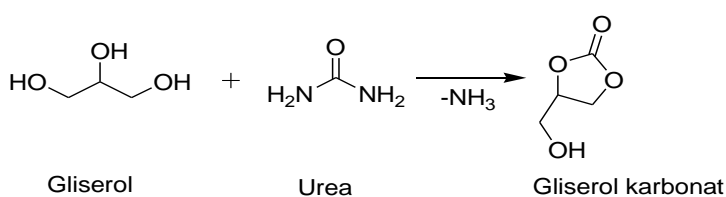
Gambar 4. Kurva penentuan panjang gelombang maksimum [Fe(salen)]NO₃.

Panjang gelombang maksimum kompleks [Fe(salen)]NO₃ diperoleh pada daerah UV, yaitu 270 nm. Selanjutnya, pengukuran absorbansi untuk deret standar dan filtrat dilakukan pada panjang gelombang 270 nm. Berdasarkan kurva deret standar, diperoleh nilai $R^2 = 0,998$. Hal ini menunjukkan bahwa deret standar ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi filtrat [Fe(salen)]NO₃. Larutan [Fe(salen)]NO₃ sebelum diimobilisasi ke dalam LiTN sebesar $1,24 \times 10^{-1}$ mmol (50% CEC LiTN/0,1 g LiTN), sedangkan setelah diimobilisasi sebesar $2,885 \times 10^{-2}$ mmol. Dengan kata lain, jumlah [Fe(salen)]⁺ yang berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN adalah $9,12 \times 10^{-1}$ mmol/g LiTN.

Gambar 5. Kurva deret standar [Fe(salen)]NO₃.

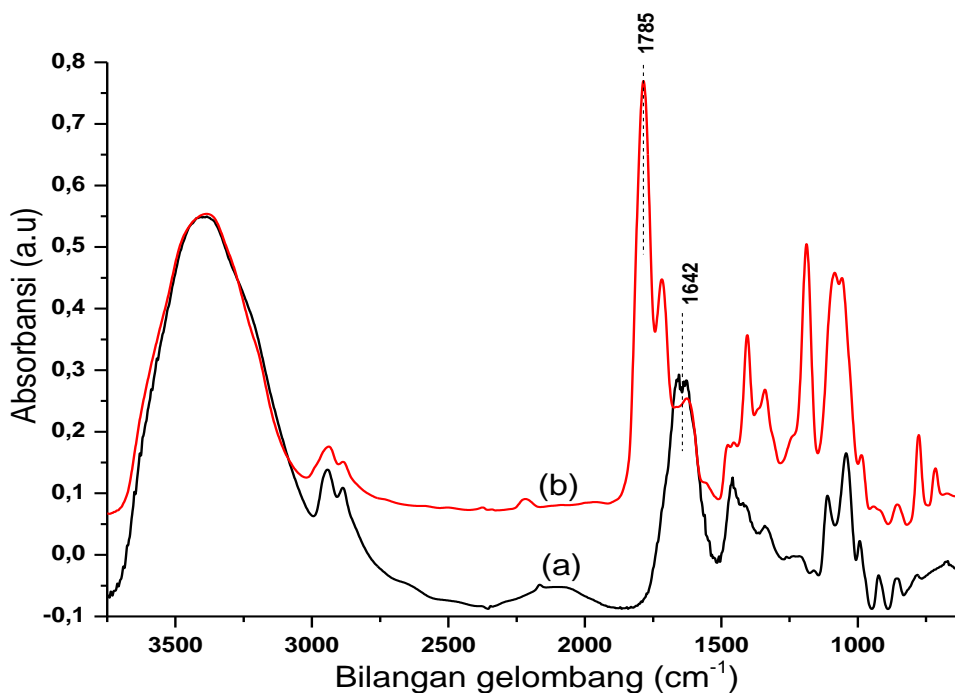
Uji Katalitik [Fe(III)(salen)]⁺-TN Pada Reaksi Pembentukan Gliserol Karbonat

Sintesis gliserol karbonat dilakukan melalui reaksi karbamoilasi/karbonasi gliserol dengan urea di dalam labu *Schlenk*. Keunggulan metode ini reaksi dilakukan tanpa pelarut dan pada tekanan *ambient* (1 atm). Lebih lanjut, gas nitrogen (N₂) dialirkan untuk memisahkan amonia yang terbentuk sebagai produk samping reaksi. Pada penelitian ini gliserol dan urea yang digunakan adalah bahan komersial dengan tingkat kemurnian kategori teknis (*technical grade*). Urea merupakan sumber gugus karbonil dan sumber pembentukan gas amonia dalam reaksi pembentukan gliserol karbonat. Tahapan uji katalis pada reaksi pembentukan gliserol karbonat dilakukan dengan mereaksikan gliserol, urea, dan katalis [Fe(III)(salen)]⁺TN pada T 150 °C dengan rasio mol substrat 1:1 dengan konsentrasi katalis 5 % massa terhadap gliserol. Reaksi kimia proses pembentukan gliserol karbonat yang dikatalisis oleh batu kapur alam seperti pada Gambar 6,



Gambar 6. Reaksi pembentukan gliserol karbonat.

Terbentuknya spesi gliserol karbonat akan ditandai dengan perubahan vibrasi gugus karbonil (CO amina) menjadi gugus karbonil (CO ester) tersiklik seperti ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektra FTIR Produk Reaksi (a), produk reaksi tanpa katalis (b) produk reaksi dengan katalis $[\text{Fe(III)(salen)}]^+-\text{TN}$

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan FTIR (Gambar 11), terlihat vibrasi gugus karbonil (CO ester) pada bilangan gelombang 1785 cm^{-1} yang diindikasikan sebagai vibrasi khas dari gliserol karbonat. Data ini memperlihatkan adanya perubahan vibrasi gugus karbonil (CO amina) urea pada bilangan gelombang 1642 cm^{-1} menjadi vibrasi gugus karbonil (CO ester) pada bilangan gelombang 1786 cm^{-1} yang mengindikasikan bahwa gliserol karbonat telah terbentuk.

SIMPULAN

Senyawa kompleks $[\text{Fe(salen)}]\text{NO}_3$ berhasil disintesis dengan sifat fisik berupa serbuk coklat dan momen magnet efektif 2,197 BM. Selanjutnya, Kompleks $[\text{Fe(salen)}]^+$ berhasil diimobilisasi ke dalam LiTN sebanyak 9,12 mmol/g LiTN. Katalis ini telah diuji dan aktif terhadap reaksi pembentukan monomer poli karbonat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian melalui Program Penelitian Dosen Pemula 2019 dan Laboratorium Kimia Universitas Halu Oleo

DAFTAR PUSTAKA

Bai, C., Xiao, W., Feng, D., Xian, M., Guo, D., Ge, Z. & Zhou, Y. (2013). "Efficient decolorization of Malachite Green in the Fenton reaction catalyzed by $[\text{Fe(III)-salen}]\text{Cl}$ complex", *Chemical Engineering Journal*, vol. 215-216, pp. 227-234.

- Casiello M, Monopoli A, Cotugno P. (2014). Copper(II) chloride-catalyzed oxidative carbonylation of glycerol to glycerol carbonate[J], *Journal of Molecular Catalysis A:Chemical*, 381:99-106.
- Hammond, C., Lopez-Sanchez, J.A., Ab Rahim, M.H., Dimitratos, N., Jenkins, R.L., Carley, A.F., He, Q., Kiely, C.J., Knight, D.W., Hutchings, G.J. (2011). Synthesis of glycerol carbonate from glycerol and urea with gold-based catalysts. *Dalton Trans.* 40, 3927–37.
- Khabazzadeh, H., Sheikhshoaie, I., Sotideh, N. (2013). [Fe(III)(Salen)Cl] Complex as a Catalyst for the Synthesis of 1,8-dioxo-octahydroxanthene Derivatives, *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, vol. 24, no. 2, pp. 123-127.
- Permana, Y., Ichikuni, N. & Shimazu, S. (2012). Ring-opening of oxiranes using Taeniolite-supported tris(β -diketonato)zirconium. *ITB Journal of Science*, vol. 44 A, no. 3, pp. 263-274.
- Permana, Y., Shimazu, S., Ichikuni, N. & Uematsu, T. (2004). Selective Synthesis of Primary Methoxypropanol Using Clay Supported Tris (2,4 pentanedionato) zirconium (IV), *J. Mol. Catal. A-Chem.*, 221, pp. 141-144.
- Routler, S., Vezin, H., Lamour, E., Bernier, J., Catteau, J. & Bailly, C. (1999). DNA cleavage by hydroxyl-salicylidene-ethylenediamine-iron complex. *Nuclei Acids Research*, vol. 27, no. 21, pp. 4160-4166.
- Suzuki, N., Yamamoto, D., Anaguchi, N., Tsuchiya, H., Aoki, K. & Kanzaki, Y. (2000). The Ion-Exchange Property of Some Layered Inorganic Materials with Potassium Ion, Rubidium Ion and Cesium Ion, and Selective Cesium Ion-Exchange of Synthetic Mica, *Bull. Chem. Soc. Jpn*, 73, pp. 2599-2603.
- Suzuki, N., Itoh, M., Igarashi, M. & Kanzaki, Y. (2003). Solid NMR Study of the Ion-Exchange Properties on γ -Titanium Phosphate with Alkali Metal Ions, *J. Ion Exchange*, 14, pp. 169-172.
- Turney, T. W., Patti, A., Gates, W., Shaheen, U. & Kulasegaram, S. (2013) Formation of glycerol carbonate from glycerol and urea catalysed by metal monoglycerolates. *Green Chem.* 15, 1925.