

**INSERSI HIDROKSI LAPIS GANDA (Zn/Al) DENGAN SENYAWA
POLIOKSOMETALAT K₄[α -SiW₁₂O₄₀]•nH₂O DAN APLIKASINYA
SEBAGAI KATALIS DESULFURISASI DIBENZOTIOPEN (DBT)**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



Oleh :

**IKHSAN PUTRA
08031381419042**

JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

INSERSI MATERIAL HIDROKSI LAPIS GANDA (Zn/Al) DENGAN SENYAWA POLIOKSOMETALAT K₄[α -SiW₁₂O₄₀]•nH₂O DAN APLIKASINYA SEBAGAI KATALIS DESULFURISASI DIBENZOTIOPEN (DBT)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

IKHSAN PUTRA
08031381419042

Indralaya, 15 Januari 2018

Pembimbing I



Dr. Muhammad Said, M.T.
NIP. 197407212001121001

Pembimbing II



Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.
NIP. 197408121998021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Inmersi Material Hidroksi Lapis Ganda (Zn/Al) dengan Senyawa Polioksometalat K₄[α -SiW₁₂O₄₀]•nH₂O dan Aplikasinya Sebagai Katalis Desulfurisasi Dibenzotioopen (DBT)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Januari 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 15 Januari 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. **Dr. Muhammad Said, M.T.**
NIP. 197407212001121001

()

Anggota :

2. **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.**
NIP. 197408121998021001
3. **Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi**
NIP. 197711272005011003
4. **Prof. Dr. Elfita, M.Si**
NIP. 196903261994122001
5. **Fahma Riyanti, M.Si**
NIP. 197204082000032001

()

()

()

()

Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Ikhsan Putra
NIM : 08031381419042
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, 19 Januari 2018

Penulis,



Ikhsan Putra

NIM. 08031381419042

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ikhsan Putra
NIM : 08031381419042
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
JenisKarya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan,

Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Inersi Hidroksi Lapis Ganda (Zn/Al) Dengan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan Aplikasinya Sebagai Katalis Desulfurisasi Dibenzotioopen (DBT)”. Dengan hak bebas royalti non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, 19 Januari 2018

Yang menyatakan,

Ikhsan Putra
NIM. 08031381419042

LEMBAR PERSEMBAHAN

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan

(QS. Al-Insyirah 5-6)

*Boleh jadi, kamu membenci sesuatu, padahal ia amat
baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai
sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu*

Allah yang paling mengetahui

sedangkan kamu tidak mengetahui

(QS. Al-Baqarah: 216)

Janganlah malu ketika dirimu terjatuh

Namun malu lah ketika dirimu tak mau bangkit kembali

(Anonim)

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

- ♦ *Allah SWT*
- ♦ *Nabi Muhammad SAW*

Dan kupersembahkan kepada :

1. *Ayah dan ibuku tersayang yang senantiasa mendoakan, menyayangi dan memberiku semangat*
2. *Adik dan saudara-saudaraku yang kusayang*
3. *Pembimbingku dan Sahabatku Tersayang Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang melimpahkan rahmat kepada kita semua, kepada-Nya kita meminta pertolongan dan perlindungan serta kepada-Nya juga kita memohon ampunan, dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Inersi Material Hidroksi Lapis Ganda (Zn/Al) dengan Senyawa Polioksometalat K₄[α -SiW₁₂O₄₀]•nH₂O dan Aplikasinya sebagai Katalis Desulfurisasi Dibenzotiopen (DBT)”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya skripsi ini telah berhasil diselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Bapak **Dr. Muhammad Said, M.T** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dana PNBP Universitas Sriwijaya selaku pihak yang mendanai penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Hermansyah, Ph.D., selaku dosen Pembimbing Akademik.

6. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si., Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si., selaku penguji sidang sarjana.
7. Ibu Dr. Ferlina Hayati, M.Si., selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.
8. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah..
9. Kepada Ayah dan Ibuku tercinta, yang selalu mendo'akan dan selalu memberikan yang terbaik untuk anak-anaknya, aku sungguh menyayangi kalian.
10. Kepada Adik kecilku tersayang, tetaplah ceria dan bersemangat menghadapi hari-harimu, senyumanmu adalah salah satu semangat bagiku.
11. Kepada Nahku tersayang, terima kasih telah menemani dan membantuku selama ini, yang telah memberikan warna dalam hidupku, menyemangati diriku, dan memberikan hari-hari bahagia yang kita telah lalui bersama, suka duka maupun masalah kita jalani bersama, saling menyemangati dan memberikan senyuman dalam keseharian kita, ketika diriku sakit dirimu rela meluangkan waktu untuk menjagaku dan membantu beberapa tugas yang kumiliki, perjalanan yang kita lakukan di layo yaang kadang tak jelas yang kita lakukan, ataupun sedikit refreshing yang kita kadang-kadang lakukan di Palembang, berburu kuliner ataupun hanya melatih otot betis karena hanya jalan-jalan tak jelas di mall ataupun dimana-mana di kota Palembang, sungguh hari-hari yang tak akan kulupakan bersama dirimu Nahku, aku menyayangi dirimu.
12. Kepada grup "Nax Layo" yang beranggotakan Ade (Eda) yang mood-moodan, Dewi (Nur) yang tekadang lola, Faisal (Ical) yang sering kesiangan, Ratih (Ayuk) yang spesial, Yuriska (Sosis) yang terkadang mulutnya, Wini (The Pok) teman lama yang bertemu kembali, sungguh pertemuan yang luar biasa dapat bersahabat dengan kalian semua, kalian adalah salah satu sahabat seperjuangan terbaik yang kumiliki, hari-hari perkuliahan dan belajar bareng kita lakukan bersama, dan juga kumpul-kumpul yang sering kita lakukan, sore-sore kita jalan santai dan menghabiskan waktu maupun berburu kuliner layo, atau acara malam kita

habiskan kumpul-kumpul sambil main kartu remi, kartu uno, ataupun bermain werewolf hingga tengah malam kita bergadang bersama, sungguh hari-hari yang menyenangkan yang kita lakukan, aku harap kita akan terus mengingatnya, aku menyayangi kalian.

13. Kepada grup TA “Tim Katalis” yang beranggotakan Ratih dan Getari, terima kasih diriku ucapan kepada kalian semua, kita dapat menghadapi dan menyelesaikan penelitian kita bersama dengan saling memotivasi dan senyuman walau terkadang hasil data yang kurang memuaskan dan harus diulang dan terkadang diulang berkali-kali, kita saling menguatkan dan membantu satu sama lain, terima kasih juga kepada rekan tim yaitu getari yang telah menjadi teman berbagi ilmu yang luar biasa, diriku banyak belajar dari saran dan masukan darimu, terima kasih banyak, dan diriku sangat senang dapat bekerja sama dengan kalian berdua.
14. Kepada grup “TA Layo” yang beranggotakan Kak Danang, Getari, Mikha, dan Ratih, grup yang kita buat selama penelitian ini, grup pejuang-pejuang layo, kebersamaan yang kita lalui bersama sungguh indah dan penuh canda tawa maupun gosip, kita saling menguatkan di kala ada anggota kita yang sedang down maupun kesulitan dan membantu satu sama lain, grup jalan-jalan sehabis penatnya kegiatan di laboratorium, melepas penat dengan refreshing yang kita lakukan di beberapa tempat, aku sangat senang berada salah satu dari anggota grup ini, aku juga berterima-kasih kepada Mikha yang telah menjadi teman seperjuangan dalam hal makan-memakan, semoga kenangan ini takkan kita lupakan.
15. Kepada Kak Neza dan Kak Danang, diriki berterima kasih kepada kedua kakak-kakakku ini yang telah membantu maupun membimbing kami, membimbing kami di laboratorium, menjadi guru kami di lab, dan canda tawa maupun guyongan yang takkan mungkin diriku lupakan, terima kasih kepada Kak Danang yang telah menjadi kakak yang sangat baik kepada kami, dan Kak Neza yang telah baik dan menjadi guru kami.
16. Kepada teman seperjuangan TA Bimbingan Pak Aldes 2014 Kloter Pertama, kita bersebelahan yaitu Della, Galuh, Getari, Hensen, Mikha, Ratih, Sandra, dan Yunita, kebersamaan yang kita lalui bersama di lab,

perjuangan yang sama-sama kita lakukan sebagai satu tim, saling menguatkan satu sama lain dan juga menyemangati satu sama lain, saya ucapkan terima kasih kepada kalian semua dan saya sangat senang dapat bekerja sama dengan kalian semua.

17. Kepada Grup “Petir Kimia” yang anggotanya adalah cowok-cowok kimia yaitu, Faisal, Hengki, Rio, Robi, Apgeh, dan Aan, maupun Hensen yang tidak ada dalam grup, terima kasih kuucapkan juga kepada kalian semua yang telah menjadi teman-teman cowok kimia, perjuangan bersama yang kita lalui sebagai cowok kimia yang tergolong sedikit ini, terkhusus untuk Faisal, terima kasih Pak telah menjadi sahabat yang menemani dan membantuku selama ini, perjalanan yang kita lalui bersama dari awal masuk hingga sekarang, terima kasih banyak pak, dan cepat menyusul pak dan teman-teman Petir lainnya berjuanglah dan cepat menyusul ya kawan.
18. Kepada Kak Dedi dan Kak Mijik, terima kasih banyak kak bimbingan maupun bantuannya selama di lab, Kak Ded yang suka bercanada dan yang selalu kami repotkan karena memakai GC dan Kak Mijik yang membimbing waktu praktek maupun teori, terima kasih banyak Kak.
19. Kepada kakak tingkat MIKI 2011, terima kasih telah membimbing kami selama di jurusan kimia ini.
20. Kepada kakak tingkat MIKI 2012, terima kasih telah membimbing kami dari awal kami memasuki dunia perkuliahan hingga bimbingan berupa sharing yang sering dilakukan kakak-kakak semua, terima kasih banyak.
21. Kepada kakak tingkat MIKI 2013, terima kasih telah membimbing kami juga dan menjadi kakak tingkat yang cukup sering kita bekerja sama bersama, terima kasih.
22. Kepada teman-teman seperjuangan MIKI 2014, tak terasa kurang lebih 3,5 tahun kita lalui bersama dari awal kita tak mengenal hingga sampai sekarang ini yang sudah pada memilih jalannya masing-masing, semoga kita semua tetap menjaga kekompakan MIKI 2014 dan selalu menjaga tali silaturahmi kita semua.
23. Kepada adik-adik tingkat MIKI 2015, terima kasih atas kerja sama kalian karena beberapa kesempatan kita sering bekerja sama, dan kakak juga

pernah menjadi assisten kalian, semoga kalian tetap terus semangat di jurusan kimia dan selalu mengembangkan diri kalian semaksimal mungkin.

24. Kepada adik-adik tingkat MIKI 2016, adik tingkat yang kami bimbing dari awal hingga sekarang, yang mungkin kakak bisa sebutkan nama kalian satu-satu, teruslah semangat dan raihlah cita-citamu di jurusan kimia ini.
25. Kepada adik-adik tingkat MIKI 2017, teruslah bersemangat karena perjalanan kalian baru saja dimulai dan masih panjang, lakukanlah yang terbaik.
26. Kepada teman-teman SMA-ku, Reza, Nela, Reni, Jejen, dan Cece, beserta teman-teman SMA dan CONSTRIMS, semoga kalian semua sukses selalu dan cepat menyusul, dan semoga kita dapat bertemu kembali.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, 19 Januari 2017

Penulis

SUMMARY

POLYOXOMETALATE K₄[α -SiW₁₂O₄₀] \bullet nH₂O INSERTED LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (Zn/Al) APPLIED AS CATALYST DESULFURIZATION OF DIBENZOTHIOPHENE (DBT)

Ikhsan Putra : Advised Dr. Muhammad Said, M.T and Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
Departement Of Chemistry, Faculty of Mathematics And Natural Sciences, Sriwijaya University

xxii + 115 Page, 7 Table, 19 Picture, 27 Attachment

The synthesis of layered double hydroxide and polyoxometalate K₄[α -SiW₁₂O₄₀].nH₂O with ratio (2:1) has been done. The result of insertion were characterized using FT-IR spectrophotometer and XRD. Polioxometalate K₄[α -SiW₁₂O₄₀].nH₂O inserted layered double hydroxide was optimal to used as catalyst desulfurization of dibenzothiophene showed by table of percent conversion of dibenzothiophene. Characterization using FT-IR were showed the optimal insertion process at wavenumber 771 cm⁻¹ that showed the wavenumber of polyoxometalate K₄[α -SiW₁₂O₄₀].nH₂O. The result using XRD characterization was showed not successfully of polyoxometalate K₄[α -SiW₁₂O₄₀] inserted layered double hydroxide with ratio (2:1) at 2 θ value at 10° was not expanded from 7,569 Å to 7,556 Å. That showed the inserted process polyoxometalate not succesfull. Polyoxometalate K₄[α -SiW₁₂O₄₀].nH₂O inserted layered double hydroxide (Zn/Al) applied as catalyst desulfurization of dibenzothiophene. Desulfurization process resulted 99,99% conversion of dibenzothiophene (DBT) at optimum condition was 0,05 g catalyst, 4 mL H₂O₂ at temperature 60 °C and 1,5 hour reaction. Catalyst that have been used and washed can be reuse for desulfurization of dibenzothiophene at optimum condition resulted of percent conversion was 89,92%.

Keyword : layered double hydroxide, polyoxometalate, insertion, desulfurization, dibenzothiophene

Cititations : 48 (1989-2017)

RINGKASAN

INSERSI HIDROKSI LAPIS GANDA (Zn/Al) DENGAN SENYAWA POLIOKSOMETALAT $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ DAN APLIKASINYA SEBAGAI KATALIS DESULFURISASI DIBENZOTIOPEN (DBT)

Ikhsan Putra : Dibimbing oleh Dr. Muhammad Said, M.T dan Prof. Aldes Lesbani, Ph.D Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xxii + 115 Halaman, 7 Tabel, 19 Gambar, 27 Lampiran

Telah dilakukan proses sintesis senyawa hidroksi lapis ganda Zn/Al dengan senyawa polioxsometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 2:1. Senyawa hasil insersi dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD. Hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa polioxsometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ optimal digunakan sebagai katalis dalam proses desulfurisasi senyawa dibenzotiopen yang ditunjukkan pada tabel persen konversi. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FT-IR telah menunjukkan proses insersi yang optimal pada bilangan gelombang 771 cm^{-1} yang menunjukkan bilangan gelombang khas dari senyawa polioxsometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Hasil karakterisasi dengan menggunakan analisis XRD menunjukkan keberhasilan yang ditunjukkan pada nilai 2θ pada sudut 10° dan 18° yang menunjukkan bahwa hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa polioxsometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 2:1 namun menunjukkan hasil yang kurang optimal pada nilai 2θ pada sudut 10° yang menunjukkan jarak antar lapisan yang cenderung tetap yakni $7,569\text{ \AA}$ menjadi $7,556\text{ \AA}$. Hal ini menunjukkan proses insersi senyawa polioxsometalat tidak masuk secara sempurna. Selanjutnya material hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa polioxsometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ diaplikasikan sebagai katalis dalam proses reaksi desulfurisasi senyawa dibenzotiopen. Proses desulfurisasi menghasilkan persen konversi sebesar 99,99% pada kondisi optimum yakni dengan menggunakan 0,05 g katalis, volume H_2O_2 sebanyak 4 mL pada temperatur 60°C dan direaksikan selama 1,5 jam. Katalis yang telah digunakan dan dicuci dapat digunakan kembali dalam proses desulfurisasi senyawa dibenzotiopen yang dilakukan pada kondisi optimum dengan hasil persen konversi sebesar 89,92%.

Kata Kunci : Hidroksi lapis ganda, polioxsometalat, proses insersi, desulfurisasi, dibenzotiopen (DBT)

Kutipan : 48 kutipan (1989 – 2017)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
LEMBAR PERSEMBERAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	xii
RINGKASAN	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Minyak Bumi	5
2.2 Desulfurisasi.....	5
2.3 Hidroksi Lapis Ganda	6
2.3.1 Struktur Hidroksi Lapis Ganda	7
2.3.2 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda.....	8
2.4 Struktur Senyawa Polioksometalat.....	9
2.4.1 Struktur Keggin Dari Senyawa Polioksometalat.....	11
2.4.2 Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	12
2.5 Stabilitas Termal Senyawa Polioksometalat	13
2.6 Insersi Material Hidroksi Lapis Ganda	13

2.7	Katalis	14
2.8	Karakterisasi	15
2.8.1	Spektrofotometer FT-IR.....	15
2.8.2	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	16
2.8.3	Kromatografi Gas (GC).....	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.2.1	Alat	21
3.2.2	Bahan	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1	Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	21
3.3.2	Sintesis Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$	22
3.3.3	Preparasi Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$	23
3.3.4	Desulfurisasi Senyawa Dibenzotiopen (DBT).....	23
3.3.4.1	Pengaruh Waktu Reaksi.....	23
3.3.4.2	Pengaruh Berat Katalis	24
3.3.4.3	Pengaruh Temperatur.....	24
3.3.4.4	Pengaruh Jumlah H_2O_2	24
3.4	Studi Struktur dan Stabilitas Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ Setelah Proses Katalisis.....	25
3.5	Reuse (Penggunaan Kembali Katalis).....	25
3.6	Uji Heterogenitas	25
3.7	Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda dan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$ Serta Hasil Insersinya dengan Menggunakan Difraksi Sinar-X.....	27

4.2 Karakterisasi Material Hidroksi lapis Ganda dan Senyawa polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] _n H ₂ O Serta Hasil Insersinya dengan Menggunakan Spektrofotometer FT-IR	30
4.3 Pengaruh pada Proses Reaksi Desulfurisasi Senyawa Dibenzotioopen (DBT).....	33
4.3.1 Pengaruh Waktu Reaksi dalam Proses Desulfurisasi DBT	33
4.3.2 Pengaruh Berat Katalis dalam Proses Desulfurisasi DBT	35
4.3.3 Pengaruh Suhu dalam Proses Desulfurisasi DBT	36
4.3.4 Pengaruh Volume Hidrogen Peroksida dalam Proses Desulfurisasi DBT	37
4.4 Penggunaan Kembali Katalis dalam Proses Reaksi Desulfurisasi DBT ..	38
4.5 Karakterisasi Katalis yang Telah Digunakan dalam Proses Desulfurisasi DBT dengan Menggunakan Difraksi Sinar-X	39
4.6 Karakterisasi Katalis yang Telah Digunakan dalam Proses Desulfurisasi DBT dengan Menggunakan Spektrofotometer FT-IR	41
4.7 Uji Heterogenitas	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis-jenis senyawa polioksometalat	11
Tabel 2. Bilangan gelombang senyawa polioksometalat menggunakan FT-IR.....	16
Tabel 3. Persen Konversi Pengaruh Waktu Reaksi Senyawa Dibenzotioopen Menggunakan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}].n\text{H}_2\text{O}$	34
Tabel 4. Persen Konversi Pengaruh Berat Katalis Menggunakan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}].n\text{H}_2\text{O}$ dalam Proses Desulfurisasi Senyawa Dibenzotioopen.....	35
Tabel 5. Persen Konversi Pengaruh Suhu Menggunakan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}].n\text{H}_2\text{O}$ dalam Proses Desulfurisasi Senyawa Dibenzotioopen	36
Tabel 6. Persen Konversi Pengaruh Volume Hidrogen Peroksida Menggunakan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Katalis Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}].n\text{H}_2\text{O}$ dalam Proses Desulfurisasi Senyawa Dibenzotioopen	37
Tabel 7. Persen Konversi Penggunaan Kembali Katalis dalam Reaksi Desulfurisasi DBT	38

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.	Senyawa Organosulfur yang Sering Dijumpai dalam Bahan Bakar Fosil dari Minyak Bumi	6
Gambar 2.	Struktur Umum dari LDH Menunjukkan Susunan <i>Polymorphic</i> ...	7
Gambar 3.	Skema yang Menggambarkan dari Struktur V ₁₀ O ₂₁ /LDH (Molekul H ₂ O terletak pada lapisan <i>Interlayer</i>	8
Gambar 4.	Struktur Senyawa Polioksometalat.....	10
Gambar 5.	Perbedaan Tipe dari Senyawa Polioksometalat	11
Gambar 6.	Struktur Polioksometalat dengan Struktur Keggin.....	12
Gambar 7.	Skema Kerja Difraksi Sinar-X (XRD)	17
Gambar 8.	Skema Alat Kromatografi Gas	18
Gambar 9.	Pola Difraksi Sinar X Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al	27
Gambar 10.	Pola Difraksi Sinar-X Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	28
Gambar 11.	Pola Difraksi Sinar-X Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Terinsersi Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O.....	29
Gambar 12.	Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	30
Gambar 13.	Spektrum FT-IR Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	31
Gambar 14.	Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Terinsersi Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	32
Gambar 15.	Pola Difraksi Sinar-X Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Sebelum dan Sesudah Proses Reaksi Desulfurisasi DBT	39
Gambar 16.	Pola Difraksi Sinar-X Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Terinsersi Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O Sebelum dan Sesudah Proses Reaksi Desulfurisasi DBT	40
Gambar 17.	Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Sebelum dan Sesudah Proses Reaksi Desulfurisasi DBT	41
Gambar 18.	Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Terinsersi Senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O Sebelum dan Sesudah Proses Reaksi Desulfurisasi DBT	42

Gambar 19. Uji Heterogenitas Katalis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al43

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Data digital pola difraksi sinar-X material hidroksi lapis ganda Zn/Al	50
Lampiran 2.	Data digital pola difraksi sinar-X senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	51
Lampiran 3.	Data digital pola difraksi sinar-X material hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	52
Lampiran 4.	Data digital pola difraksi sinar-X material hidroksi lapis ganda Zn/Al setelah proses reaksi desulfurisasi.....	53
Lampiran 5.	Data digital pola difraksi sinar-X material hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ setelah proses reaksi desulfurisasi	54
Lampiran 6.	Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Zn/Al	55
Lampiran 7.	Data digital spektrum FT-IR senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	56
Lampiran 8.	Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	57
Lampiran 9.	Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Zn/Al setelah proses reaksi desulfurisasi	58
Lampiran 10.	Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ setelah proses reaksi desulfurisasi	59
Lampiran 11.	Kromatogram perlarut asetonitril dan DBT.....	60
Lampiran 12.	Kromatogram waktu reaksi 0 – 1,5 jam reaksi dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al	61
Lampiran 12.	Kromatogram waktu reaksi 0 – 1,5 jam jam reaksi dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	64

Lampiran 13.	Kromatogram reaksi desulfurisasi dengan variasi berat 0,05 g katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O67
Lampiran 14.	Kromatogram reaksi desulfurisasi dengan variasi berat 0,1 g katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O71
Lampiran 15.	Kromatogram reaksi desulfurisasi dengan variasi berat 0,2 g katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O74
Lampiran 16.	Kromatogram reaksi desulfurisasi dengan variasi berat 0,3 g katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O77
Lampiran 17.	Kromatogram reaksi desulfurisasi pada suhu 40°C dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	81
Lampiran 18.	Kromatogram reaksi desulfurisasi pada suhu 50°C dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	85
Lampiran 19.	Kromatogram reaksi desulfurisasi pada suhu 60°C dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	88
Lampiran 20.	Kromatogram reaksi desulfurisasi pada suhu 70°C dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	91

Lampiran 21.	Kromatogram reaksi desulfurisasi DBT dengan variasi volume H ₂ O ₂ 1 mL menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	94
Lampiran 22.	Kromatogram reaksi desulfurisasi DBT dengan variasi volume H ₂ O ₂ 2 mL menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	97
Lampiran 23.	Kromatogram reaksi desulfurisasi DBT dengan variasi volume H ₂ O ₂ 3 mL menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	100
Lampiran 24.	Kromatogram reaksi desulfurisasi DBT dengan variasi volume H ₂ O ₂ 4 mL menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	103
Lampiran 25.	Kromatogram reaksi desulfurisasi DBT dengan variasi volume H ₂ O ₂ 5 mL menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O	106
Lampiran 26.	Kromatogram penggunaan kembali katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al terinsersi senyawa Polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀].nH ₂ O dalam proses desulfurisasi DBT	109
Lampiran 27.	Kromatogram uji heterogenitas pada variasi waktu 0 – 2 jam dengan menggunakan katalis hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya regulasi yang ketat dan spesifikasi bahan bakar dari industri pertambangan minyak di dunia, penghilangan dari senyawa sulfur dari bahan bakar mendapatkan perhatian lebih dan lebih. Penghilangan senyawa sulfur dapat dilakukan dengan metode desulfurisasi dengan bantuan katalis. Desulfurisasi konvensional yang biasa dipakai adalah metode hidrosulfurisasi (HDS), namun katalis dalam metode HDS menggunakan gas hidrogen sehingga membawa reaksi pada temperatur dan tekanan yang tinggi pada pengoperasiannya sehingga kurang efektif dalam proses desulfurisasi, selain itu penggunaan metode HDS juga dapat menurunkan bilangan oktan pada minyak akibat dari reaksi samping selama proses hidrogenasi. Oleh karena itu, diperlukannya metode desulfurisasi oksidatif (ODS) untuk menangani masalah tersebut (Xiong *et al*, 2014).

Teknologi lainnya mencakup desulfurisasi oksidatif (ODS), biodesulfurisasi, desulfurisasi adsorpsi, desulfurisasi ekstraktif dan desulfurisasi alkilasi. ODS adalah teknologi alternatif dari HDS dan salah satu metode yang paling penting dan efektif sebagai desulfurisasi pada industri tambang minyak. Metode ODS harus menggunakan katalis dalam pengoperasiannya, penggunaan katalis dalam proses desulfurisasi ini digunakan sebagai pengaktif dari peroksida (H_2O_2) karena peroksida adalah oksidan dan sebelumnya tidak aktif. Oleh karena itu untuk mengaktifkan peroksida digunakan katalis yang cocok dalam pengoperasiannya. Katalis memainkan peran kunci dalam proses ODS, yang kebanyakan tersusun logam mulia seperti iridium, nikel, palladium, molibdenum, rodium, platina dan tungsten, dan tungsten sangat menarik. Proses ODS terdiri dari dua langkah, langkah pertama adalah mengoksidasi sulfur menjadi sulfon, dan selanjutnya melepasnya dari senyawa (Long *et al*, 2014).

ODS digabungkan dengan ekstraksi dianggap sebagai salah satu proses paling menjanjikan untuk mengurangi senyawa yang mengandung sulfur yang tahan panas (dibenzotiofen dan dibenzotiofen teralkilasi). Senyawa ini

menunjukkan reaktivitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan proses HDS. (Zhang *et al*, 2011).

Hingga kini, sistem katalis yang berbeda-beda telah digunakan pada ODS, misalnya asam organik, polioksometalat, cairan ionik, reagen Fenton dan yang lainnya. Mereka semua dianggap sebagai cara yang efektif untuk menghilangkan senyawa sulfur. Khususnya, polioksometalat karena sifatnya yang unik, termasuk transformasi redoks multielektron yang dapat balik dengan cepat pada kondisi dingin, termal, dan stabilitas hidrolitik, telah diterima perhatian lebih sebagai katalis untuk desulfurisasi oksidatif (Xiong *et al*, 2014).

Dalam beberapa tahun ini, polioksometalat (POMs), dikenal ‘Green’ katalis dalam banyak proses, telah mendapatkan banyak perhatian dunia dalam keefektifannya pada ODS dengan H_2O_2 . Polioksometalat sangat bernilai dalam kelas senyawa anorganik karena bentuk dan isi yang dapat diatur dan termasuk dalam golongan logam transisi. POM termasuk kedalam kelas besar dari anion kluster logam oksigen berukuran nano, antara berbagai aplikasi dari POM’s, katalisis ODS adalah yang paling penting (Wang *et al*, 2010). Proses ODS juga dilakukan dengan memanfaatkan hidroksi lapis ganda Mg/Al atau Zn/Al sebagai katalis. Pemanfaatan hidroksi lapis ganda terutama digunakan untuk mengaplikasikannya sebagai adsorben dan katalis (Xue *et al*, 2014).

Hidroksi lapis ganda dapat diinsersi dengan berbagai macam senyawa anion, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Palapa (2017) hidroksi lapis ganda Mg/Al diinsersi senyawa polioksometalat tipe $[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ yang adalah senyawa polioksometalat tipe keggin menghasilkan basal spasing 9,81 Å dari besar basal spasing sebelum diinsersi adalah 3,6 Å. Penelitian yang juga dilakukan oleh Wang dan Ohare (2012) hidroksi lapis ganda diinsersi Zn/Al yang menghasilkan basal spasing 2,64 nm dari basal spasing yang belum diinsersi 0,79 nm. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa polioksometalat dapat menghasilkan besar basal spasing yang besar sehingga hidroksi lapis ganda yang terinsersi polioksometalat dapat dengan efektif dipergunakan sebagai katalis.

Metode insersi pada material berlapis dengan senyawa polioksometalat dilakukan dengan menggunakan prinsip pertukaran ion. Makroanion yang merupakan senyawa polioksometalat disisipkan ke dalam hidroksi lapis ganda.

Lapisan pada hidroksi lapis ganda akan terpisah oleh keberadaan polioksometalat. Hidroksi lapis ganda memiliki muatan positif sehingga dapat menjadi penukar anion dari senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ yang memiliki muatan negatif (Doeuff *et al*, 1989). Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan mengenai sintesis $K_8[\beta_2\text{-SiW}_{11}\text{O}_{39}] \cdot n\text{H}_2\text{O}\text{-TiO}_2$ sebagai katalis dalam reaksi desulfurisasi 4,6 dimetil dibenzotiofen (4,6 DMDBT) yang menghasilkan persen konversi pada kondisi optimum yakni sebesar 83,58% (Danesti, 2016).

Pada penelitian ini akan dilakukan insersi hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$. Material hasil insersi dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan analisis XRD. Selanjutnya aplikasinya sebagai katalis dalam proses desulfurisasi senyawa DBT dipelajari melalui optimasi waktu reaksi, temperatur, berat katalis dan volume peroksid.

1.2 Rumusan Masalah

Minyak bumi mengandung sulfur dan harus dihilangkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Proses penghilangan sulfur dilakukan dengan metoda ODS. Proses ODS perlu menggunakan katalis yang efektif agar proses penghilangan sulfur dapat optimal. Salah satu katalis yang dapat digunakan untuk proses ODS adalah hidroksi lapis ganda. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Fengli Yu dan Yang Lu (2014), hidroksi lapis ganda Zn/Al yang tersubstitusi oleh heteropolianion yang digunakan sebagai katalis dalam proses desulfurisasi oksidatif dibenzotiofen menghasilkan hasil konversi yang sudah sangat baik. Hidroksi lapis ganda adalah material berlapis yang memiliki jarak antar lapisan yang kecil. Oleh karena itu, material ini harus dimodifikasi agar jarak antar layer tersebut menjadi besar dengan melalui proses insersi hidroksi lapis ganda menggunakan senyawa yang memiliki muatan negatif seperti polioksometalat. Terjadinya modifikasi antar layer pada hidroksi lapis ganda ini akan menyebabkan perubahan sifat dari material hidroksi lapis ganda sehingga meningkatkan sisi akif hidroksi lapis ganda sebagai katalis. Senyawa polioksometalat yang digunakan dalam penelitian ini adalah polioksometalat tipe Keggin $K_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ yang bertindak sebagai penginsersi pada material hidroksi lapis ganda. Diharapkan dengan memodifikasi material berlapis ini dengan senyawa

polioksometalat, kemampuan katalitik dari material hidroksi lapis ganda dapat meningkat, yang akan dipergunakan dalam proses desulfurisasi pada senyawa dibenzotiofen (DBT).

1.3 Tujuan Penelitian

1. Preparasi senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\bullet n\text{H}_2\text{O}$ yang diinsersi pada material hidroksi lapis ganda dan karakterisasinya melalui analisis spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD.
2. Mendapatkan kondisi optimum proses desulfurisasi DBT dengan metode ODS dengan menggunakan katalis hasil insersi yang meliputi pengaruh waktu, volume perokaida, berat katalis dan pengaruh temperatur.
3. Studi perbandingan LDH sebelum dan sesudah reaksi desulfurisasi dengan analisis spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan proses insersi senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\bullet n\text{H}_2\text{O}$ pada hidroksi lapis ganda Zn/Al serta aplikasinya sebagai katalis dalam proses desulfurisasi senyawa dibenzotiofen (DBT).

DAFTAR PUSTAKA

- Blazevic. A., and Rompel. A. 2016. The Anderson-Evans Polyoxometalates : From Inorganic Building Blocks Via Hybrid Organic-Inorganic Structures to Tomorrow “Bio-POM”. *Coordination Chemistry Reviews*. 307:42-64.
- Chang, R. 2010. *Chemistry 10th Edition*. McGraw-Hill Companies Inc: New York.
- Danesti, M. 2016. Sintesis $K_8[H_2\text{-SiW}_{11}\text{O}_{39}].n\text{H}_2\text{O}\text{-TiO}_2$ Dan Aplikasinya Sebagai Katalis Desulfurisasi 4,6-Dimetil Dibenzotiofen. *Skripsi*. Inderalaya : Universitas Sriwijaya.
- Doeuff, M., Kwon, T., and Pannavaia, T.J. 1989. Layered Double Hydroxide Pillared by Polyoxometalate. *Sythetic Materials*. 34:609-615.
- Gunawan, B., dan Azhari, D. C. 2011. *Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan polimer Poly Ethelyn Glycol (PEG)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hendayana, S. 2006. *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforensis Modern*. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya.
- Jamalludin, K., 2010. Sintesis dan Karakterisasi Biokompatibilitas $\text{Si:Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. *Skripsi*. Kendari : Universitas Haluoleo.
- Khan, A. I., and O'hare, D. 2002. Intercalation Chemistry Of Layered Double Hydroxide: Recent Developments And Applications. *The Royal Society Of Chemistry*. 12:3191-3198.
- Kortz, U., Müller, A., Slageren, J. V., Schnack, J., Dalal, N. S., and Dressel, M. 2009. Polyoxometalates: Fascinating Structure, Unique Magnetic Properties. *Coordination Chemistry Reviews*. 253:2315-2327.
- Kovanda, F., Jindova, E., Dousova, B., Kolousek, D., Plestil, J., and Sedlakova, Z., 2009. Layered Double Hydroxide Intercalated With Organic Anions And Their Application In Preparation Of LDH/Polymers Nanocomposites. *Acta Geodyn. Geomater.* 6 (1): 111-119.
- Kozhevnikov, I. V. 2002. *Catalysts For Fine Chemical Synthesis Vol 2: Catalysis By Polyoxometalate*. Jhon Wiley & Sons Ltd: England.
- Kuang, Y., Zhao, L., Zhang, S., Zhang, F., Dong, M., and Xu, S. 2010. Morphologies, Preparations And Applications Of Layered Doble Hydroxide Micro-/Nanostructures. *Journal Of Materials*. 3: 5220-5235.
- Lesbani, A., Kawamoto, R., Uchida, S., and Mizuno, N. 2008. Control Of Structures And Sorption Properties Of Ionic Crystals Of

- $A_2[Cr_3O(OOCC_2H_5)_6(H_2O)_3]_2[\alpha\text{-SiW}_{12}O_{40}]$ ($A = Na, K, Rb, NH_4, Cs, TMA$). *Inorganic Chemsitry*. 47(8):3349-3357.
- Lesbani,A., Sumiati., Mardiyanto., Fithri, N. A., and Mohadi, R. 2015 a. Production Of Adipic Acid From Mixtures Of Cyclohexanol-Cyclohexanone Using Polyoxometalates Catalyst. *Makara Journal Of Science*. 19(2):85-90.
- Lesbani, A., Fitrialiana., and Mohadi, R. 2015 b. Conversion Of Cyclohexanone To Adipic Acid Catalyzed By Heteropoly Compounds. *Indonesian Journal Of Chemistry*. 15(1):64-69.
- Lesbani, A., Me, W., Mohadi, R. 2016. Thermal Stability and Acidity of Silica Supported Keggin Type Polyoxometalate $K_4[a\text{-SiW}_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 1(1):24-28.
- Lesbani,A., Marpaung, A., Fithri, N. A., and Mohadi, R. 2016 b. 12-Tungstophosphoric Acid/Silica Catalyst For Oxidation Of Benzothiophene. *Asian Journal Of Chemistry*. 28(3):617-621.
- Lesbani, A. 2017. *Peluang Pemanfaatan Senyawa Kluster Logam-Oksigen Dalam Pengembangan Industri Kimia Hulu*. Unsri Press: Universitas Sriwijaya.
- Llewelyn, P., 2011. Supported Heteropoly Acids for Acid Catalysed Reactions. *Thesis and Disertation*. ProQuest LCC : United State.
- Long, Z., Yang, C., Zeng, G., Peng, L., Dai, C., and He, H. 2014. Catalytic Oxidative Desulfurization Of Dibenzothiophene Using Catalyst Of Tungsten Supported On Resin D152. *Fuel*. 130:19-24.
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., and Barka, N. 2015. Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated With Carbonate, Nitrate, Chloride and Sulphate Ions: Synthesis, Characterisation And Dye Removal Properties. *Journal Of Taibah University Of Science*. 11:90-100.
- Misono, M. 2013. Catalytic Of Heteropoly Compounds. *Studies In Surface Science And Catalytic*. 176:97-155.
- Muharrami, L. 2011. Penentuan Kadar Kolesterol Dengan Metode Kromatografi Gas. *Agrointek*. 5(1):29-32.
- Nalawade, P., Aware, B., Kadam, J. V., and Hirlekar, R. S. 2009. Layered Double Hydroxide: A Review. *Journal Of Scientific & Industrial Research*. 68:267-272.
- Okuhara, T., Noritaka, M., and Misono, M. 2001. Catalytic Chemistry Of Heteropoly Compounds. *Advance In Catalysis*. 41:129-131.
- Omwoma, S., Chen, W., Tsunashima, R., Song, Y. F. 2013. Recent Advance On Polyoxometalates Intercalated Layered Double Hydroxide: From Synthetic Approaches to Functional Material Applications. *Coordination Chemistry Reviews*. 39:1-28.

- Palapa, N. R. 2017. Insersi Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Pada Material Hidroksi Lapis Ganda (Mg/Al) Untuk Aplikasi Sebagai Adsorben *Congo Red Skripsi*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Pinnavaia, T. J., Kwon, T., Dimotakis, E. D., and Amarasekera, J. 1992. Polyoxometalate Intercalated Layered Double Hydroxides. *United States Patent*. 5,079,203:1-16.
- Santhakumar, M., Sivalingam, S., Dharmapal, D., and Sadras, S. R. 2017. Characterization Of Dioxygenases And Biosurfactants Produced By Crude Oil Degrading Soil Bacteria. *Brazilian Journal Of Microbiology*. 11:2441.
- Sharma, N. 2014. Synthesis, Characterization And Applications Of Heteropolyacid Salts As Potentiometric Sensors And Catalyst. *Theses And Dissertation*. Maharishi Markandeshwar University.
- Shiraishi, Y., Taki, Y., Hirai, T., and Komasawa. 2001. A Novel Desulfurization Process For Fuel Oils Based On The Formation And Subsequent Precipitation Of S-Alkylsulfonium Salts, 1. Light Oil Feedstocks, Indonesia English. *Chemistry Res*. 40:1213-1224.
- Tamboesai, E. M. 2012. Kajian Geokimia Molekular Minyak Bumi Sumur Produksi Duri, Langgak Dan Minas, Riau. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Teleghani, S., Mirzaei, M., Eshtiagh-Hosseini, H., and Frontera, A. 2016. Tuning The Topology Of Hybrid Inorganic-Organic Materials Based On Study Of Flexible Ligands And Negative Charge Of Polyoxometalates: A Crystals Engineering Perspective. *Coordination Chemistry Reviews*. 309:84-106.
- Tournassat, C., Bourg, C. I., and Steefel, I. C. 2015. Surface Properties Of Clays Minerals. France: Development In Clays Science.
- Trehoux, A., Roux, Y., Guillot, R., Mahy, J. P., and Avenier, F. 2015. Catalytic Oxidation Of Dibenzothiophene And Thioanisole By A Diiron(III) Complex And Hydrogen Peroxide. *Journal Of Molecular Catalysis A: Chemical*. 396:40-46.
- Vincente, M. A., Gil, A., and Bergaya, F. 2013. Chapter 10.5-Pillared Clays And Clays Minerals. *Development In Clay Science*. 5:523-537.
- Vogel. 2000. *Text Book of Quantitative Chemical Analysis*. Edisi 6. London : Pearson Education.
- Wang, R., Zhang, G., and Zhao, H. 2010. Polyoxometalates As Effective Catalyst For The Deep Desulfurization Of Diesel Oil. *Journal Of Catalysis*. 149:117-121.

- Wang, Q., and O'hare, D. 2012. Recent Advances In The Synthesis And Application Of Layered Double Hydroxide (LDH) Nanosheets. *American Chemical Society*. 112:4124-4155.
- Warren, E. 1969. *X-Ray Diffraction*. Addition-Wesley Public: messachssusset.
- Xiong, J., Zhu, W., Ding, W., and Yang, L. 2014. Phosphotungtic Acid Immobilized On Ionic Liquid-Modified SBA-15: Efficient Hydrophobic Heterogeneous Catalyst For Oxidative Desulfurization In Fuel. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 1(1):1-38.
- Xue, T., Gao, Y., Zhang, Z., and Umar, A. 2014. Adsorption Of Acid Red From Dye Waster Water By Zn_2Al-NO_3 LDHs And The Resource Of Adsorbent Sludge As Nanofilter For Polypropylene. *Journal Alloys And Compounds*. 587:99-104.
- Yanagida, S., Nakajima, A., Kameshima, Y., and Okada, K. 2007. Preparation Of Heteropolyacid-Intercalated Layered Double Hydroxide. *Journal Of Ion Exchange*. 18(4):270-275.
- Yang, S., Huang, Y., and Li Yu., 2011. Catalytic Application of $H_4SiW_{12}O_{40}/SiO_2$ in Synthesis of Acetals and Ketals. *Advanced Materials Research*, 284-286 : 2374-2379.
- Yu, F., and Lu, Y. 2014. Heteropolyanion Substituted Layered Double Hydroxide As Recoverable Catalyst For The Oxidative Desulfurization Of Simulated Oil and Diesel. *Applied Mechanics And Materials*. 1(1):672-674.
- Zakaria. 2003. Analisis Kandungan Mineral Magnetik Pada Batuan Beku Dengan Metode X-Ray Diffraction. *Skripsi*. Kendari: Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Kendari.
- Zhang, J., Wang, A., Li, X., and Ma, X. 2011. Oxidative Desulfurization Of Dibenzothiophene And Diesel Over $[Bmim]_3Pmo_{12}O_{40}$. *Journal Of Catalysis*. 279:269-275.
- Zhao, Q., Chang, Z., Lei, X., and Sun, X. 2011. Adsorption Behavior Of Thiophene From Aqueous Solution On Carbonate- And Dodecylsulfate- Intercalated ZnAl Layered Double Hydroxides. *Industrial & engineering Chemistry Research*. 50:10253-10258.
- Zhu, G., Long, Y., Ren, H., Zhou, Y., Zhang, L., Shi, Z., Shehzad, F. K., and Asif, H. M. 2016. Notable Third-Order Optical Nonlinearities Realized In Layer-By-Layer Assembled Composite Films By Intercalation Of Porphyrin/Polyoxometalate Into Layered Double Hydroxide. *The Journal Of Physical Chemistry*. 1(1):1-9.