

**MODIFIKASI ALUMINA SILIKA DENGAN *TEMPLATE* EDTA  
SEBAGAI PENGEMBAN LOGAM Ni-Mo UNTUK KATALIS  
*HYDROCRACKING* CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DAN BIOAVTUR**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**Betty Dwiyanti  
08031282025040**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**MODIFIKASI ALUMINA SILIKA DENGAN *TEMPLATE* EDTA  
SEBAGAI PENGEMBAN LOGAM Ni-Mo UNTUK KATALIS  
*HYDROCRACKING* CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DAN *BIOAVTUR***

**SKRIPSI**

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

**Oleh :**

**BETTY DWIYANTI**

**08031282025040**

**Indralaya, 25 Maret 2024**

**Mengetahui,**

**Pembimbing I**



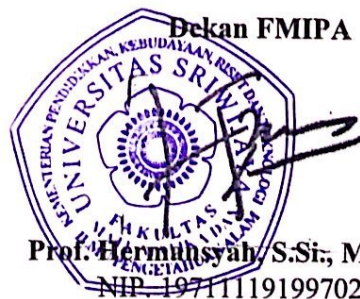
**Prof. Dr. Hasanudin, M.Si**  
NIP. 197205151997021003

**Pembimbing II**



**Dr. Eng Nino Rinaldi**  
NIP. 197706122001121001

**Dekan FMIPA**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP. 197111191997021001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Betty Dwiyanti (08031282025040) dengan judul “Modifikasi Alumina Silika dengan *Template* EDTA sebagai Pengembangan Logam Ni-Mo untuk Katalis *Hydrocracking* CPO menjadi *Biogasoline* dan Bioavtur” telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Maret 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 25 Maret 2024

Ketua :

1. **Dr. Desnelli, M.Si.**

NIP. 196912251997022001

Sekretaris

1. **Dr. Nurlisa Hidayati, M, Si**

NIP. 197211092000032001

Pembimbing

1. **Prof. Dr. Hasanudin, M.Si**

NIP. 197205151997021003

2. **Dr. Eng. Nino Rinaldi**

NIP. 197706122001121001

Penguji

1. **Dr. Zainal Fanani, M.Si**

NIP. 196708211995121001

2. **Prof. Dr. Muharni, M.Si**

NIP. 196903041994122001

(  )

(  )


(  )


(  )

(  )

(  )

Mengetahui,

  
Dekan FMIPA  
**Prof. Hermausyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP. 197111191997021001

  
Ketua Jurusan Kimia  
**Prof. Dr. Muharni, M.Si**  
NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:


Nama Mahasiswa : Betty Dwiyanti

NIM : 08031282025040

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 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 25 Maret 2024  
Penulis  
  
Betty Dwiyanti  
NIM. 08031282025040



**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Betty Dwiyanti

NIM : 08031282025040

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Modifikasi Alumina Silika dengan *Template* EDTA sebagai Pengembangan Logam Ni-Mo untuk Katalis *Hydrocracking* CPO menjadi *Biogasoline* dan Bioavtur". Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, 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.

Indralaya, 25 Maret 2024

Yang Menyatakan



Betty Dwiyanti

NIM. 08031282025040

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Ya (cukup). ‘Jika kamu bersabar dan bertakwa ketika mereka datang menyerang kamu secara tiba-tiba, niscaya Allah akan menolongmu dengan lima ribu malaikat yang memakai tanda’,” (QS. Ali Imran: 125).*

*“Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang beriman.” (QS. Ali Imran: 139).*

*“Apapun yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu” (Ali Bin Abi Thalib)*

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Baginda Rasūlullāh Muhammad SAW serta dipersembahkan untuk :

1. Kedua orangtuaku, Bapak Bukhori dan Ibu Eni Supriani tercinta.
2. Saudara perempuanku satu-satunya Mbak Atik serta keluarga besar tersayang.
3. Dosen pembimbing tugas akhir dan akademik yaitu Bapak Prof. Dr. Hasanudin, M.Si. serta pembimbing selama di BRIN Bapak Dr. Eng. Nino Rinaldi.
4. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Almamater Universitas Sriwijaya.
6. Sahabat-sahabatku yang selalu mendoakan dan mendukung.
7. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Orang-orang baik yang sering menolong, mendukung, dan mendoakan.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur tak henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya karena atas izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Modifikasi Alumina Silika dengan *Template* EDTA sebagai Pengemban Logam Ni-Mo untuk Katalis *Hydrocracking* CPO menjadi *Biogasoline* dan Bioavtur”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena didalamnya masih terdapat kekurangan-kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis baik dalam segi kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar dalam penyusunan karya tulis selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Penulis sangat berterima kasih atas doa, dukungan, dan kepercayaan yang telah diberikan dari orang tua penulis yaitu Bapak **Bukhori** dan Ibu **Eni Supriani** tercinta dan tersayang. Proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak terutama kepada **Prof. Dr. Hasanudin, M.Si.** selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir serta **Dr. Eng. Nino Rinaldi** selaku pembimbing tugas akhir di BRIN, yang dengan sabar dan Ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, diantaranya yaitu kepada :

1. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
5. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
6. Kak Iin dan mbak Novi, selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA terimakasih banyak karena telah membantu dalam mengurus dan mengatur jadwal dan ikut serta berperan dalam tugas akhir saya.
7. Saudara perempuanku Mbak Atik, Mbah Putriku Puti, Bulekku Wanti, Sepupuku Dito, Keponakanku Zavier, serta keluarga besarku yang telah menyemangati dan mendoakan.
8. Pemilik NIM 08031382025085 M. Dimas Prasetyo terima kasih telah membantu, mendukung, dan mendoakan penulis dalam penyusunan skripsi ini, maafkan penulis yang sering tidak sabaran ini, terima kasih sudah mau mengerti.
9. Tim *catalyst* BRIN *squad* (Sera, Rahmah, Ikhtiya, Hani, Mhika, dan Eja) yang telah mengalami suka duka penelitian dari awal pengurusan surat pengantar ke BRIN, berjuang bersama di perantauan yang baru sekaligus mengerjakan penelitian tugas akhir, serta segala permasalahan yang terus datang menerpa, terima kasih tim telah tetap bertahan dan berjuang bersama untuk menghadapi segalanya.
10. Sahabatku di dunia perkuliahan kimia 20 (Pera, Sera, Caca, Rahmah, Elis) yang selalu mendampingi penulis di dunia perkuliahan ini. Kepada Pera, terima kasih banyak ya per udah mau jadi temen pertamaku di perkuliahan yang sulit ini, udah mau dengerin keluh kesahku dari awal sampai akhir, walaupun kita sempat terpisah oleh jarak semasa penelitian, maaf ya per kalo aku terkadang membuatmu susah hehe, makasih udah mau peduli sama aku per semoga nanti kita tetep bisa ketemu ya, aku bakal kangen sama kamu per makasih udah mau jadi orang baik per, tetep jadi orang yang baik ya per, sukses terus pera, sayang kamu per. Kepada Sera, terima kasih banyak ya ser udah mau nemenin perjuangan di perkuliahan ini walaupun kita baru dekat selama diperantauan ini padahal udah satu SMA sebelumnya hehe, makasih ya ser udah mau dengerin segala permasalahan gak jelas ini, udah mau



nemenin ini itu walaupun banyak yang akhirnya kita tinggalin, selalu ngedukung aku buat tetep semangat walaupun banyak masalah di penelitian, penyusunan, sampai akhir, pasang surut di dunia perantauan kedua kita dan menjadi teman sekamarku untuk pertama kalinya, maaf ya ser sering ngerepotin dan emosi yang gak jelas ini, terima kasih udah mau tetep bertahan walaupun udah tau yang jelek-jeleknya dari diri ini. Kepada Caca, terima kasih ya caa udah mau temenan sama aku, bermula dari kost kita yang berhadapan dan satu kelas di genap, selalu bantuin aku dalam suka maupun duka, yang gak pernah perhitungan sama aku, udah peduli sama aku, kamu sehat-sehat ya ca untuk menghadapi hidup ini semangat terus caa, ku tunggu kabar baiknya. Kepada Rahmah, makasih ya mahh dah mau jadi temenku dari masa LDO, udah mau denger keluh kesahku dan berjuang bersama di Tangsel, udah mau direpotin selama ini, maaf juga kalo kadang emosiku gak stabil selama TA dan perskripsian ini hehe. Kepada Elis, terima kasih ya lis udah mau jadi temenku dipenghujung dunia perkuliahan ini, kayaknya kita deketnya mulai dari satu kelompok di praktikum semester 5 deh, makasih ya lis dah mau dengerin curhatan gak jelas ini, terima kasih udah saling menguatkan, elis kamu harus yakin sama dirimu sendiri kalo dirimu bisa, kuat-kuat sampe akhir ya lis kutunggu kabar baiknya. Buat kalian jangan lupain aku ya walaupun setelah ini kita bakalan jarang ketemu, sehat-sehat terus, dan semoga sukses semuaa.

11. Pendengar dan motivator yang baik serta abang asuh, Bang Rahmad. Abang terima kasih udah selalu mendukung Betty untuk keluar dari zona nyaman, terima kasih udah mau membantu dan mendengarkan selama perkuliahan, tugas akhir, skripsi, seminar, dan sidang. Sukses selalu abang, semangat di dunia pekerjaannya bang.
12. Para adik asuhku yang baik (Meli dan Sevi) terimakasih udah mau mendukung dan mendoakan yang terbaik untuk kakak, semoga perkuliahan kalian lancar, dan dalam penelitian tugas akhir serta penyusunan skripsi hingga ke pemberkasan kalian diberikan kemudahan, kalo ada apa-apa cerita aja ya jangan sungkan, semangat terus nim 40 *squad*.

13. Para sahabatku sejak SD hingga sekarang (Rifdah, Shafa, Angel, Ranny, dan Manda) yang selalu memberikan doa maupun dukungan semangat dari jauh kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini, serta yang selalu menyempatkan diri untuk bertemu dimanapun, semoga persahabatan ini tetap akan bertahan hingga nanti. Terima kasih telah kebersamaan dalam suka dan duka penulis sedari dulu dari hal terkecil hingga terbesar dihidup penulis. *Love you all* sukses terus yaa.
14. Para sahabatku sejak SMP hingga sekarang (Salsa, Ismel, TA, I'tiya, Faa'izah, Zaza) terima kasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini. Terima kasih karena selalu memotivasi diri penulis ini agar tetap semangat menjalani segala permasalahan hidup ini. Sukses terus kalian, ditunggu kabar baiknya.
15. Para sahabatku sejak SMA hingga sekarang (Aqila, Nadya, Dieba, Septia, Amirah, dan yuk Della) terima kasih atas doa dan dukungan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini serta mendengarkan segala keluh kesah penulis selama menyusun, sukses terus kalian.
16. Griya's geng (Aqila, Arya, dan Alfaris) terima kasih telah berjuang bersama di layo ini walaupun hanya satu semester serta doanya dalam penyelesaian tugas akhir dan penyusunan skripsi ini, sukses selalu buat kalian, mari bertemu di kota asal kembali.
17. Kak Indah Angkatan 2019 terima kasih telah mendoakan serta memotivasi ke penulis dalam segala hal dari mulai penelitian hingga penyusunan skripsi ini dan terima kasih kepada Bang Wan angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.
18. Untuk teman dan analis di BRIN yaitu Zahira, Asti, Adit, Kak Holan, Mbak Sarah, Kak Novi, dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih telah membantu selama proses penelitian tugas akhir di BRIN, sukses selalu.
19. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi dengan baik.

Semoga nasihat, pengetahuan, bantuan, dan saran yang diberikan kepada penulis mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis dengan rendah hati menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan, serta mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah berkontribusi. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua orang dan bermanfaat untuk pengembangan kimia di masa depan.

Indralaya, 25 Maret 2024



Penulis

## SUMMARY

### MODIFICATION OF ALUMINA SILICA WITH EDTA TEMPLATE AS Ni-Mo METAL SHEET FOR CPO HYDROCRACKING CATALISTS TO BECOME BIOGASOLINE AND BIOAVTURE

Betty Dwiyanti : Supervised by Prof. Dr. Hasanudin, M.Si and Dr. Eng. Nino Rinaldi

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

xix+73 pages+11 figures+6 tables

The preparation of Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> catalyst can be carried out by using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> as the support that is modified with a variety of templates. The purpose of preparation of Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> catalyst template EDTA and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> template EDTA to be applied to the hydrocracking process. The catalysts were characterized using XRD, PSA, FTIR, SAA, SEM-EDX, TPD-NH<sub>3</sub>, as well as analyzing the hydrocracking products using GCMS. hydrocracking products using GC-MS. The results showed the best catalyst was Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> EDTA template with a variation of 25 g Al which is supported by the TPD-NH<sub>3</sub> catalyst with an acidity level of 0.46 mmol/g, SAA with a surface area of 64,92 m<sup>2</sup>/g, PSA with a particle size of 6.26 μm, SEM-EDX with a ratio of Al and Si elements of 4%, FTIR with vibrations of the Ni-O functional group at 562.33 cm<sup>-1</sup> absorption band, and XRD with an angle intensity of  $2\theta = 26.72^\circ$  in the form of amorphous silica. Results of hydrocracking product analysis on GC-MS obtained conversion on Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> catalyst EDTA template of 25 g Al amounted to 91.73% with biogasoline yield of 18.47%, bioavtur yield of 58%, and biodiesel yield of 2%. Based on the results of the study the amount of weight aluminum can produce catalyst characteristics and performance in hydrocracking performance in hydrocracking that is better.

**Keywords** : Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, EDTA, Biogasoline, Bioavtur, CPO, Hydrocracking

Citation : 63 (2009-2023)

## RINGKASAN

### MODIFIKASI ALUMINA SILIKA DENGAN *TEMPLATE* EDTA SEBAGAI PENGEMBAN LOGAM Ni-Mo UNTUK KATALIS *HYDROCRACKING* CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DAN BIOAVTUR

Betty Dwiyanti : Dibimbing oleh Prof. Dr. Hasanudin, M.Si dan Dr. Eng. Nino Rinaldi

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xix+73 halaman+11 gambar+6 tabel

Preparasi katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan menggunakan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> sebagai *support* yang dimodifikasi dengan variasi *template*. Tujuan pembuatan katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA untuk diaplikasikan pada proses *hydrocracking*. Katalis dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, PSA, FTIR, SAA, SEM-EDX, TPD-NH<sub>3</sub>, serta analisis produk hasil *hydrocracking* menggunakan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan katalis terbaik berupa Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA dengan variasi 25 g Al yang didukung dengan karakterisasi katalis TPD-NH<sub>3</sub> dengan tingkat keasaman 0,46 mmol/g, SAA dengan luas permukaan 64,92 m<sup>2</sup>/g, PSA dengan ukuran partikel 6,26 μm, SEM-EDX dengan perbandingan unsur Al dan Si 4%, FTIR dengan vibrasi gugus fungsi Ni-O pada pita serapan 562,33 cm<sup>-1</sup>, dan XRD dengan intensitas sudut 2θ = 26,72 ° berupa silika *amorf*. Hasil analisis produk *hydrocracking* pada GC-MS didapatkan konversi pada katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA 25 g Al sebesar 91,73% dengan rendemen *biogasoline* sebesar 18,47%, rendemen bioavtur sebesar 58%, dan rendemen biodiesel 2%. Berdasarkan hasil penelitian jumlah berat aluminium yang semakin banyak dapat menghasilkan karakteristik katalis serta kinerja dalam *hydrocracking* yang lebih baik.

**Kata Kunci** : Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, EDTA, *Biogasoline*, Bioavtur, CPO,  
*Hydrocracking*

Sitasi : 63 (2009-2023)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Hydrocracking</i> .....	5
2.2 Katalis .....	5
2.3 Alumina Silika .....	6
2.4 Nikel-Molibdenum (Ni-Mo) .....	7
2.6 <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) .....	8
2.7 <i>Biogasoline</i> .....	9
2.8 Bioavtur .....	10
2.9 Karakterisasi .....	10
2.9.1 <i>Temperature-programmed desorption of ammonia</i> (TPD-NH <sub>3</sub> ) .....	10
2.9.2 <i>Surface Area Analyzer</i> (SAA) .....	10



2.9.3 <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i> .....	11
2.9.4 <i>Particel Size Analyzer (PSA)</i> .....	11
2.9.5 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	12
2.9.6 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	12
2.9.7 <i>Gass Chromatography–Mass Spectroscopy (GC-MS)</i> .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>14</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan.....	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Preparasi Alumina Silika dengan <i>Template</i> EDTA.....	14
3.3.2 Sintesis Katalis Logam Ni-Mo dengan <i>support</i> Alumina Silika <i>Template</i> EDTA melalui impregnasi.....	15
3.3.3 Proses <i>Hydrocracking</i> dengan <i>Crude Palm Oil</i> menjadi <i>Biogasoline</i> .....	16
3.3.4 Karakterisasi Sampel.....	16
3.3.4.1 Karakterisasi Uji Keasaman Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan TPD-NH <sub>3</sub> .....	16
3.3.4.2 Karakterisasi Luas Permukaan Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan SAA.....	16
3.3.4.3 Karakterisasi Morfologi Permukaan Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan SEM- EDX.....	17
3.3.4.4 Karakterisasi Ukuran Partikel Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan PSA.....	17
3.3.4.5 Karakterisasi Gugus Fungsi Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan FTIR.....	18
3.3.4.6 Karakterisasi Struktur Kristal Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>Template</i> EDTA dengan XRD.....	18
3.3.4.7 Analisis data <i>Hydrocracking</i> dengan GC-MS.....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>19</b>
4.1 Modifikasi Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> dengan <i>Template</i> EDTA.....	19
4.2 Modifikasi Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> dengan <i>Template</i> EDTA.....	19

4.3 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan TPD-NH <sub>3</sub> ( <i>Temperature-programmed desorption of ammonia</i> ) .....	21
4.4 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan SAA ( <i>Surface Area Analyzer</i> ) .....	22
4.5 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan SEM-EDX ( <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> ).....	24
4.6 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan PSA ( <i>Particel Size Analyzer</i> ) .....	25
4.7 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan FTIR ( <i>Fourier-Transform Infrared Spectrometer</i> ) .....	26
4.8 Karakterisasi Katalis dengan Menggunakan XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) ..	27
4.9 Data Hasil Minyak dari Proses <i>Hydrocracking</i> katalis Menggunakan Analisis GC-MS .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>34</b>
5.1. Kesimpulan .....	34
5.2. Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Reaktor <i>Hydrocracking</i> (Aini <i>et al.</i> , 2020).....	5
<b>Gambar 2.</b> Struktur EDTA (Nadhila & Titah, 2021) .....	8
<b>Gambar 3.</b> Proses Modifikasi Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> sebagai Padatan Pendukung .....	19
<b>Gambar 4.</b> Proses Modifikasi Katalis Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA.....	20
<b>Gambar 5.</b> <i>Isotherm</i> katalis.....	22
<b>Gambar 6.</b> Hasil SEM Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA (a) variasi 5 g Al, (b) Ni-Mo variasi 5 g Al, (c) variasi 10 g Al, (d) Ni-Mo variasi 10 g Al, (e) variasi 25 g Al, (f) Ni-Mo variasi 25 g Al .....	24
<b>Gambar 7.</b> Spektra FTIR Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA (a) variasi 5 g Al, (b) Ni-Mo variasi 5 g Al, (c) variasi 10 g Al, (d) Ni-Mo variasi 10 g Al, (e) variasi 25 g Al, (f) Ni-Mo variasi 25 g Al .....	27
<b>Gambar 8.</b> Hasil difraktogram XRD Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA (a) variasi 5 g Al, (b) Ni-Mo variasi 5 g Al, (c) variasi 10 g Al, (d) Ni-Mo variasi 10 g Al, (e) variasi 25 g Al, (f) Ni-Mo variasi 25 g Al.....	28
<b>Gambar 9.</b> Kromatogram minyak CPO .....	29
<b>Gambar 10.</b> Kromatogram hasil <i>hydrocracking</i> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA (a) variasi 5 g Al, (b) variasi 10 g Al, (c) variasi 25 g Al .....	30
<b>Gambar 11.</b> Kromatogram hasil <i>hydrocracking</i> Ni-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> <i>template</i> EDTA (a) variasi 5 g Al, (b) variasi 10 g Al, (c) variasi 25 g Al.....	31

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Hasil padatan katalis Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dengan variasi 5, 10, dan 25 g Al.....	20
<b>Tabel 2.</b> Hasil analisis keasaman katalis $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dan Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dengan variasi 5, 10, dan 25 g Al .....	21
<b>Tabel 3.</b> Hasil analisis SAA katalis $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dan Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dengan variasi 5, 10, dan 25 g Al.....	23
<b>Tabel 4.</b> Hasil kandungan unsur SEM-EDX dalam katalis $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dan Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dengan variasi 5, 10, dan 25 g Al.....	25
<b>Tabel 5.</b> Hasil analisis PSA katalis $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dan Ni-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ <i>template</i> EDTA dengan variasi 5, 10, dan 25 g Al.....	26
<b>Tabel 6.</b> Konversi dan <i>yield</i> dari hasil analisa GC-MS .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Prosedur Penelitian.....	43
<b>Lampiran 2.</b> Grafik TPD-NH <sub>3</sub> .....	47
<b>Lampiran 3.</b> Grafik PSA.....	50
<b>Lampiran 4.</b> Difraktogram XRD.....	56
<b>Lampiran 5.</b> Data Hasil FTIR .....	59
<b>Lampiran 6.</b> Data hasil GC-MS .....	62
<b>Lampiran 7.</b> Perhitungan Konversi dan <i>Yield</i> .....	71
<b>Lampiran 8.</b> Dokumentasi Penelitian .....	73

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia memiliki kebutuhan dasar dalam menjalani kehidupannya, salah satunya berupa energi. Energi dapat memberi pengaruh besar terhadap kemajuan pembangunan Indonesia, salah satunya berupa energi baru terbarukan. Sumber energi baru terbarukan di Indonesia sangat tinggi, oleh karena itu Indonesia perlu mengembangkan hal tersebut. Pengembangan ini diperlukan karena kebutuhan energi yang semakin meningkat, salah satunya energi berupa bahan bakar fosil yang lama kelamaan semakin menipis. Bahan bakar fosil akan menyebabkan pasokan cadangan minyak bumi habis dan menimbulkan polusi udara seperti gas rumah kaca karena kandungan karbon dioksida dan karbon monoksida yang berlebihan di alam, sehingga diperlukannya penemuan sumber energi alternatif (Azhar & Satriawan, 2018).

Energi alternatif yang sedang berkembang di Indonesia salah satunya berupa *biofuel* (Hasanudin *et al.*, 2022). *Biofuel* bersifat lebih ramah lingkungan sehingga penggunaannya dapat berkelanjutan dan tidak menyebabkan masalah lingkungan terkait bahan bakar fosil (Rodionova *et al.*, 2017). Saat ini bahan bakar fosil seperti bensin atau *gasoline* sedang diupayakan menjadi *biogasoline*. *Biogasoline* terbuat dari campuran bensin dan alkohol murni dengan perbandingan tertentu (Wiratmaja, 2010). Perbandingan tertentu ini yang membuat energi pembakaran yang lebih besar dan bahan bakar yang lebih hemat (Singh *et al.*, 2020). Selain itu juga terdapat bahan bakar avtur yang juga akan diubah menjadi bioavtur untuk mengurangi emisi gas pesawat (Dwiratna & Soebagjo, 2015). Bioavtur memiliki jumlah rantai yang berada di antara C<sub>10</sub> dan C<sub>14</sub> (Zhang *et al.*, 2019). Bioavtur juga mengandung komposisi hidrokarbon paraffin, alifatik, siklik, dan aromatik. Produksi bahan bakar ini dari trigliserida alami dengan *hydrocracking* khusus dengan hidrogenasi ikatan rangkap olefin (Widayatno *et al.*, 2016). Sama halnya dengan bahan bakar *biogasoline* (C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub>) diperoleh dengan mengubah asam lemak yang terkandung dalam struktur trigliserida dan asam lemak minyak sawit mentah (Jujarama *et al.*, 2014)(Alimin & Susanto, 2018). Minyak sawit mentah atau dikenal juga dengan *crude palm oil* (CPO) menyumbang produksi minyak nabati dunia dengan



33% untuk memenuhi kebutuhan nasional dan ekspor banyak negara, termasuk Malaysia, Indonesia, dan Thailand. Khususnya, Indonesia memiliki 14 juta hektar kelapa sawit dan memasok 85% minyak sawit dunia (Purnomo *et al.*, 2020). Dalam beberapa tahun terakhir, produksi CPO naik menjadi 27,00 juta ton pada tahun 2017 dibandingkan tahun 2001 yang hanya 0,84 juta ton (Nasution *et al.*, 2018a). Selanjutnya, produktivitas manufaktur CPO cenderung meningkat setiap tahunnya sebesar 1,50–10,96%, yang menunjukkan potensinya sebagai bahan baku yang berkelanjutan (Nasution *et al.*, 2018b).

Terkait dengan pengembangan potensi yang kelanjutan CPO dapat digunakan sebagai sumber material untuk menghasilkan *biofuel* karena mempunyai rantai karbon yang mirip dengan rantai hidrokarbon pada minyak bumi (Silalahi *et al.*, 2021). Hingga saat ini, minyak nabati seperti kelapa, kedelai, minyak sawit, *rapeseed*, juga seperti bunga matahari telah digunakan sebagai bahan baku *biofuel* melalui *hydrocracking*, namun CPO yang paling menjanjikan dan lebih sederhana ketimbang minyak nabati lainnya (Hasanudin *et al.*, 2022). Minyak nabati mengandung asam lemak dengan rantai karbon panjang, seperti arakidat, linoleat, linoleat, stearat, oleat, palmitat, dan sebagainya (Rasyid *et al.*, 2015).

Proses pengolahan minyak nabati menjadi *biofuel* melalui pemecahan molekul hidrokarbon yang melibatkan panas, katalisator, dan penambahan gas hidrogen atau dikenal sebagai *hydrocracking* (Aini *et al.*, 2020). *Biofuel* yang terdiri dari alkana cair rantai lurus, akan dihasilkan melalui proses *hydrocracking* dengan rentang antara C<sub>15</sub>-C<sub>18</sub>. Ada beberapa keuntungan dan kekurangan dari proses *hydrocracking* ini. Keuntungan yang didapatkan dari proses ini dapat menghasilkan konversi yang tinggi dan output yang tinggi untuk *middle* distilat. Proses *hydrocracking* ini membutuhkan kondisi reaksi dan peralatan yang tepat, seperti jenis katalis, metode pembuatan katalis, suhu, tekanan, dan waktu reaksi (Nugroho *et al.*, 2014).

Menurut Hasanudin *et al.*, (2022) proses *hydrocracking* membutuhkan katalis heterogen, yaitu kombinasi antara katalis asam dan katalis logam. Beberapa logam transisi seperti Ni, Co, Mo, Cr, Zr, Pt, dan katalis asam seperti *zeolite*, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, alumina silika dan lain-lain biasanya digunakan sebagai promotor dalam proses tersebut. Katalis heterogen lebih mudah dipisah dan diambil kembali dari dalam

reaktor, oleh sebab itu katalis heterogen adalah pilihan yang lebih baik. Fungsi perengkahan katalis merengkah fraksi minyak yang dihasilkan dari degradasi termal, memotong rantai karbon yang lebih panjang menjadi lebih pendek, meningkatkan fraksi gas dan menurunkan fraksi minyak dan residu (Syamsiro, 2015).

Katalis logam yang paling cocok untuk proses *hydrocracking* minyak nabati adalah logam Ni-Mo (Hasanudin *et al.*, 2020). Paduan logam nikel-molibdenum memiliki sifat-sifat mekanik dan kimia yang sangat baik dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Katalis nikel-molibdenum memiliki stabilitas termal yang baik (Sugianto *et al.*, 2015). Selain itu menurut Hasanudin *et al.*, (2022) alumina silika dapat digunakan sebagai penyangga katalis karena termasuk jenis *support* katalis asam. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan katalis logam Ni-Mo dan support alumina silika yang efisien dan tahan lama agar menghasilkan produk *biogasoline* dan bioavtur dari *crude palm oil*. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi katalis *hydrocracking* adalah dengan memodifikasi alumina silika menggunakan *template* EDTA sebagai pengemban nikel molibenum.

Penggunaan EDTA karena katalis yang dibuat dengan EDTA dapat menunjukkan penurunan ukuran partikel NiO sekitar 60% dibandingkan dengan sampel yang diperoleh tanpa EDTA (Olivares *et al.*, 2020). EDTA dapat digunakan dalam pembuatan katalis untuk menciptakan struktur berpori yang meningkatkan volume pori katalis (Hasanudin *et al.*, 2022) Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan solusi alternatif dalam bentuk energi *biogasoline* dan bioavtur yang lebih ramah terhadap lingkungan, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dari minyak bumi (Hasanudin *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini menggunakan pengujian katalis dengan *X-ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA), *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Surface Area Analyzer* (SAA), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), sedangkan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) sebagai analisa produk.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan *template* EDTA terhadap karakterisasi Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>?

2. Bagaimana kinerja katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA dalam konversi CPO menjadi *biogasoline* dan bioavtur?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Sintesis katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA dan dikarakterisasi menggunakan XRD, PSA, FTIR, SAA, SEM-EDX, dan TPD-NH<sub>3</sub>.
2. Menentukan kinerja katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> *template* EDTA terhadap konversi CPO menjadi *biogasoline* dan bioavtur melalui proses *hydrocracking*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan inovasi terhadap prospek aplikasi *hydrocracking* dengan menggunakan alumina silika *template* EDTA sebagai pengemban logam Ni-Mo sebagai katalis dalam pengolahan *crude palm oil* menjadi *biogasoline* dan bioavtur untuk mengurangi dampak buruk kendaraan berbahan bakar terhadap lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., Al-Muttaqii, M., Roesyadi, A., & Kurniawansyah, F. (2020). Kinerja Katalis Ni-Cu/HZSM-5 dalam Pembuatan Biogasoil dari Minyak Bintaro (Cerbera Manghas) dengan Proses Hydrocracking. *Berkala Sainstek*, VIII(3), 84–88.
- Akhtar, N., Syakir, M. I., Tweib, S. A., Aminuddin, M. I. K. A., Yusuff, M. S. M., Alsabhan, A. H., Alfaisal, F. M., Alam, S., & Qadri, J. (2023). Particle Size Distribution and Composition of Soil Sample Analysis in a Single Pumping Well Using a Scanning Electron Microscope Coupled with an Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) and the Laser Diffraction Method (LDM). *Water (Switzerland)*, 15(17), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w15173109>
- Al-Rubaye, A. F., Hameed, I. H., & Kadhim, M. J. (2017). A Review: Uses of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Technique for Analysis of Bioactive Natural Compounds of Some Plants. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 9(01), 81–85. <https://doi.org/10.25258/ijtpr.v9i01.9042>
- Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*, 12(2), 1–25. <https://doi.org/10.3390/min12020205>
- Alimin, A. A., & Susanto, B. H. (2018). Simulation of a bioavtur production process from non-edible vegetable oil. *E3S Web of Conferences*, 67, 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186702022>
- Allen, C. V., Destiarti, L., & Zaharah, T. A. (2014). Recovery Timbal Dengan Ekstraksi Fase Padat Menggunakan Kitosan Termobilisasi Padat. *Jurnal Kedokteran Klinik*, 3(2), 1–6.
- Ameen, M., Azizan, M. T., Ramli, A., Yusup, S., & Yasir, M. (2016). Physicochemical Properties of Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts Synthesized via Sonochemical Method. *Procedia Engineering*, 148, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.496>
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398–412. <https://doi.org/10.14710/alj.v1i4.398-412>
- Badriyah, L., & Falah, I. I. (2017). Gasoline Production from Coconut Oil Using The Ni-MCM-41 and Co/Ni-MCM-41 Catalyst. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i1.8516>
- Bautista-Ruiz, J., Aperador, W., Delgado, A., & Díaz-Lagos, M. (2014). Synthesis and characterization of anticorrosive coatings of SiO<sub>2</sub> -TiO<sub>2</sub> - ZrO<sub>2</sub> obtained

- from sol-gel suspensions. *International Journal of Electrochemical Science*, 9(8), 4144–4157. [https://doi.org/10.1016/s1452-3981\(23\)08081-1](https://doi.org/10.1016/s1452-3981(23)08081-1)
- Behnsen, J. G., Black, K., Houghton, J. E., & Worden, R. H. (2023). A Review of Particle Size Analysis with X-ray CT. *Materials*, 16(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ma16031259>
- Cychosz, K. A., & Thommes, M. (2018). Progress in the Physisorption Characterization of Nanoporous Gas Storage Materials. *Engineering*, 4(4), 559–566. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.06.001>
- Donnelly, E., & Boskey, A. L. (2011). Mineralization. *Vitamin D: Two-Volume Set*, 1–2, 381–401. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381978-9.10021-6>
- Dwiratna, B., & Soebagjo, S. (2015). Pengembangan Katalis Berbasis NiMo Alumina untuk Reaksi Hidrodeoksigenasi Minyak Nabati menjadi Bioavtur. *Jurnal Energi Dan Lingkungan*, 11(2), 75–80. <https://doi.org/10.29122/elk.v11i2.1580>
- Gavrilova, N., Myachina, M., Harlamova, D., & Nazarov, V. (2020). Synthesis of molybdenum blue dispersions using ascorbic acid as reducing agent. *Colloids and Interfaces*, 4(2), 15–17. <https://doi.org/10.3390/colloids4020024>
- Gerasimov, A. M., Eremina, O. V., Cherkasova, M. V., & Dmitriev, S. V. (2021). Application of particle-size analysis in various industries. *Journal of Physics: Conference Series*, 1728(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1728/1/012003>
- Hasanudin, H., Asri, W. R., Fanani, Z., Adisti, S. J., Hadiyah, F., Maryana, R., Al Muttaqii, M., Zhu, Z., & Machado, N. T. (2022). Facile Fabrication of SiO<sub>2</sub>/Zr Assisted with EDTA Complexed-Impregnation and Templated Methods for Crude Palm Oil to Biofuels Conversion via Catalytic Hydrocracking. *Catalysts*, 12(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/catal12121522>
- Hasanudin, H., Asri, W. R., Said, M., Hidayati, P. T., Purwaningrum, W., Novia, N., & Wijaya, K. (2022). Hydrocracking optimization of palm oil to bio-gasoline and bio-aviation fuels using molybdenum nitride-bentonite catalyst. *RSC Advances*, 12(26), 16431–16443. <https://doi.org/10.1039/d2ra02438a>
- Hasanudin, H., Asri, W. R., Zulaikha, I. S., Ayu, C., Rachmat, A., Riyanti, F., Hadiyah, F., Zainul, R., & Maryana, R. (2022). Hydrocracking of crude palm oil to a biofuel using zirconium nitride and zirconium phosphide-modified bentonite. *RSC Advances*, 12(34), 21916–21925. <https://doi.org/10.1039/d2ra03941a>
- Hasanudin, H., Rachmat, A., Said, M., & Wijaya, K. (2020). Kinetic model of crude palm oil hydrocracking over ni/mo zro<sub>2</sub>-pillared bentonite catalyst. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 64(2), 238–247. <https://doi.org/10.3311/PPch.14765>

- Hasanudin, H., Sriwijaya, U., & Asri, W. R. (2023). *Conversion of crude palm oil to biofuels via catalytic hydrocracking over NiN-supported natural bentonite. March*. <https://doi.org/10.3934/energy.2023011>
- Herawati, N., & Melani, A. (2018). Pembuatan Biogasoline dari Ampas Tebu. *Jurnal Distilasi*, 3(1), 16–21.
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawali, F., & Tallei, T. (2021). Analisis GC-MS (Gas Chromatography - Mass Spectrometry) Ekstrak Metanol dari Umbi Rumpuk Teki (*Cyperus rotundus* L.). *Pharmacon*, 10(2), 849. <https://doi.org/10.35799/pha.10.2021.34034>
- Jujarama, Wijaya, K., Shidiq, M., Fahrurrozi, M., & Suheryanto. (2014). Synthesis of biogasoline from used palm cooking oil through catalytic hydrocracking by using Cr-activated natural zeolite as catalyst. *Asian Journal of Chemistry*, 26(16), 5033–5038. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.16299>
- Kim, Y. H., Yeo, J. gu, Lee, J. S., & Choi, S. C. (2016). Influence of silicon carbide as a mineralizer on mechanical and thermal properties of silica-based ceramic cores. *Ceramics International*, 42(13), 14738–14742. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.06.100>
- Lopes, C. de C. A., Limirio, P. H. J. O., Novais, V. R., & Dechichi, P. (2018). Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) application chemical characterization of enamel, dentin and bone. *Applied Spectroscopy Reviews*, 53(9), 747–769. <https://doi.org/10.1080/05704928.2018.1431923>
- Marsyahyo, E. (2009). Analisis Brunnaeur Emmet Teller (BET) Topografi PEermukaan Serat Rami (*Boehmeria nivea* ) untuk Media Penguatan pada Bahan Komposit. *Jurnal Flywheel*, 2(2), 33–41. [www.umaine.edu](http://www.umaine.edu)
- Mintari, N., Suhartana, & Sriatun. (2015). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Pengaruh Pelarut pada Rendemen Sintesis Senyawa Kompleks. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 18(1), 29–33.
- Missa, S., Bukit, M., & Louk, A. C. (2018). Penentuan Morfologi Permukaan, Sifat Fisis Dan Mekanik Berdasarkan Presentase Komposisi Bahan Campuran Batako. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(1), 59–68. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i1.596>
- Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Bodmeier, R. (2021). Real-time particle size analysis using focused beam reflectance measurement as a process analytical technology tool for continuous microencapsulation process. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98984-9>
- Nadhila, U., & Titah, H. S. (2021). Kajian Penambahan EDTA Pada Fitoremediasi Logam Berat Timbal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53280>
- Nasution, M. A., Wibawa, D. S., Ahamed, T., & Noguchi, R. (2018a). Comparative



- environmental impact evaluation of palm oil mill effluent treatment using a life cycle assessment approach: A case study based on composting and a combination for biogas technologies in North Sumatera of Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 184, 1028–1040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.299>
- Nasution, M. A., Wibawa, D. S., Ahamed, T., & Noguchi, R. (2018b). Selection of palm oil mill effluent treatment for biogas generation or compost production using an analytic hierarchy process. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 787–799. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0638-9>
- Nugroho, A. P. P., Fitriyanto, D., & Roesyadi, A. (2014). Pembuatan Biofuel dari Minyak Kelapa Sawit melalui Proses Hydrocracking dengan Katalis Ni- C-6-2. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 1–7.
- Olivares, A. C. V., Gomez, M. F., López, C., Barroso, M. N., & Abello, M. C. (2020). Effect of EDTA in preparation of Ni catalysts toward a carbon-resistant ethanol reforming. *Applied Catalysis B: Environmental*, 264(December). <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.118510>
- Pachauri, T., Singla, V., Satsangi, A., Lakhani, A., & Maharaj Kumari, K. (2013). SEM-EDX characterization of individual coarse particles in Agra, India. *Aerosol and Air Quality Research*, 13(2), 523–536. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.04.0095>
- Purbaningtias, T. E., Kurniawati, P., Wiyantoko, B., Prasetyoko, D., & Suprpto, S. (2019). Pengaruh Penambahan Surfaktan Pada Modifikasi Material Alam. *Akta Kimia Indonesia*, 4(2), 118. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v4i2.5536>
- Purnomo, H., Okarda, B., Dermawan, A., Ilham, Q. P., Pacheco, P., Nurfatriani, F., & Suhendang, E. (2020). Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach. *Forest Policy and Economics*, 111, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102089>
- Rahman, R. A., Kusumastuti, E., & Widiarti, N. (2020). Pengaruh Rasio Mol M2O/SiO2 dan M2O/Al2O3 (M: Na Dan K) Terhadap Karakteristik Geopolimer Abu Layang Batubara. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1), 63–70.
- Rasyid, R., Dewanti, A. T., Malik, R., Anshariah, A., & Kalla, R. (2022). Perengkahan Katalitik Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMs) Menggunakan Katalis HCl Berpenyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal of Chemical Process Engineering*, 7(2), 97–102.
- Rasyid, R., Wicaksono, R. A. S., Lusita, D. D., Mahfud, & Roesyadi, A. (2015). Efektifitas Katalis Co/Mo pada Hydrocracking Minyak Nyamplung. *Reaktor*, 15(4), 268–273. <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.4.268-273>

- Rodionova, M. V., Poudyal, R. S., Tiwari, I., Voloshin, R. A., Zharmukhamedov, S. K., Nam, H. G., Zayadan, B. K., Bruce, B. D., Hou, H. J. M., & Allakhverdiev, S. I. (2017). Biofuel production: Challenges and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(12), 8450–8461. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.125>
- Sabarman, J. S., Legowo, E. H., Widiputri, D. I., & Siregar, A. R. (2019). Bioavtur Synthesis from Palm Fatty Acid Distillate through Hydrotreating and Hydrocracking Processes. *Indonesian Journal of Energy*, 2(2), 99–110. <https://doi.org/10.33116/ije.v2i2.40>
- Salamah, S., & Maryudi. (2019). *Recycle Limbah Polyethylene Terephthalate Melalui Proses Pirolisis Dengan Katalis Silika-Alumina*. 14(1), 104–111.
- Septiano, A. F., Susilo, S., & Setyaningsih, N. E. (2021). Analisis Citra Hasil Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR). *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 44(2), 81–85. <https://doi.org/10.15294/ijmns.v44i2.33143>
- Shahid, M., Austruy, A., Echevarria, G., Arshad, M., Sanaullah, M., Aslam, M., Nadeem, M., Nasim, W., & Dumat, C. (2014). EDTA-Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals: A Review. *Soil and Sediment Contamination*, 23(4), 389–416. <https://doi.org/10.1080/15320383.2014.831029>
- Shashni, B., Ariyasu, S., Takeda, R., Suzuki, T., Shiina, S., Akimoto, K., Maeda, T., Aikawa, N., Abe, R., Osaki, T., Itoh, N., & Aoki, S. (2018). Size-based differentiation of cancer and normal cells by a particle size analyzer assisted by a cell-recognition PC software. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 41(4), 487–503. <https://doi.org/10.1248/bpb.b17-00776>
- Silalahi, D., Supeno, M., & Taufik, M. (2021). Conversion of Palm Oil (CPO) into Fuel Biogasoline through Thermal Cracking Using a Catalyst Based Na-Bentonite and Limestone of Soil Limestone NTT. *International Journal of Biological, Physical and Chemical Studies*, 3(2), 01–15. <https://doi.org/10.32996/ijbpcs.2021.3.2.1>
- Silvia, L., & Zainuri, M. (2020). Analisis Silika (SiO<sub>2</sub>) Hasil Kopesipitasi Berbasis Bahan Alam menggunakan Uji XRF dan XRD. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(1), 12. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5322>
- Singh, H. K. G., Yusup, S., Quitain, A. T., Abdullah, B., Ameen, M., Sasaki, M., Kida, T., & Cheah, K. W. (2020). Biogasoline production from linoleic acid via catalytic cracking over nickel and copper-doped ZSM-5 catalysts. *Environmental Research*, 186(April), 109616. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109616>
- Sinha, P., Datar, A., Jeong, C., Deng, X., Chung, Y. G., & Lin, L. C. (2019). Surface

- Area Determination of Porous Materials Using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) Method: Limitations and Improvements [Research-article]. *Journal of Physical Chemistry*, 123(33), 20195–20209. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.9b02116>
- Sugianto, D. J., Wijaya, K., & Tahir, I. (2015). Karakterisasi dan Aplikasi Katalis Nikel-Molibdenum Teremban pada Zeolit Alam Aktif untuk Hidrorengkah Tir Batubara. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1), 10. <https://doi.org/10.31258/jnat.16.1.10-22>
- Syamsiro, M. (2015). Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk. *Jurnal Teknik*, 5(1), 47–56.
- Taha, M., Hassan, M., Essa, S., & Tartor, Y. (2013). Use of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectroscopy for rapid and accurate identification of Yeasts isolated from human and animals. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 1(1), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2013.03.001>
- Trujillo, C. A., Ramírez-Marquez, N. T., & Valencia-Rios, J. S. (2020). An affordable ammonia temperature-programmed desorption equipment and its calibration using the thermal decomposition of ammonium dihydrogen phosphate. *Thermochimica Acta*, 689(March), 178651. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2020.178651>
- Widayatno, R. L., W, A. D., & Abidin, Z. (2016). Analysis Bioavtur for Energy Security. *Jurnal Pertahanan*, 2(3), 243. <https://doi.org/10.33172/jp.v2i3.102>
- Widiyadi, A., Guspiani, G. A., Riady, J., Andreanto, R., Chaiunnisa, S. D., & Widayat, W. (2018). Preparation and Characterization of NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Catalyst for Hydrocracking Processing. *E3S Web of Conferences*, 31, 11–14. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183103011>
- Wijaya, K., Utami, M., Damayanti, A. K., Tahir, I., Tikoalu, A. D., Rajagopal, R., Thirupathi, A., Ali, D., Alarifi, S., Chang, S. W., & Ravindran, B. (2022). Nickel-modified sulfated zirconia catalyst: Synthesis and application for transforming waste cooking oil into biogasoline via a hydrocracking process. *Fuel*, 322(October 2021), 124152. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124152>
- Wiratmaja, I. G. (2010). Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 16–25.
- Yurdakal, S., Garlisi, C., Ozcan, L., Bellardita, M., & Palmisano, G. (2019). (Photo)catalyst Characterization Techniques: Adsorption Isotherms and BET, SEM, FTIR, UV-Vis, Photoluminescence, and Electrochemical Characterizations. *Heterogeneous Photocatalysis*, 4, 87–152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64015-4.00004-3>
- Zhang, H., Lin, H., & Zheng, Y. (2014). The role of cobalt and nickel in

deoxygenation of vegetable oils. *Applied Catalysis B: Environmental*, 160–161(1), 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.05.043>

Zhang, Z., Wang, Q., & Zhang, X. (2019). Hydroconversion of Waste Cooking Oil into Bio-Jet. *Catalysts*, 9, 455–468.

Zultiniar, Yelmida, A., Shiqhi, N., Kimia, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2017). Impregnasi Logam Cu Pada Hidroksiapatit dari Kulit Kerang Darah ( *Anadara granosa* ). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(1), 20–23.