



UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA

Pidato Pengukuhan Profesor

# Komposit sebagai Material Maju untuk Energi dan Lingkungan

**Prof. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.**

Profesor Bidang Ilmu Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia

16 Rabiulakhir 1445/31 Oktober 2023

Pidato Pengukuhan Profesor

**KOMPOSIT SEBAGAI MATERIAL MAJU  
UNTUK ENERGI DAN LINGKUNGAN**

***COMPOSITE AS AN ADVANCED  
MATERIAL FOR ENERGY AND  
ENVIRONMENT***

**Prof. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.**  
Profesor Bidang Ilmu Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

16 Rabiulakhir 1445/31 Oktober 2023

Bismillahirrahmaanirrahiim,  
*Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.*

Yang kami hormati:

1. Plt. Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah V Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Ketua Pembina, Pengawas, dan Pengurus Yayasan Badan Wakaf Universitas Islam Indonesia.
3. Ketua dan Anggota Senat Universitas Islam Indonesia.
4. Ketua dan Anggota Majelis Guru Besar Universitas Islam Indonesia.
5. Rektor dan Wakil Rektor Universitas Islam Indonesia.
6. Para pimpinan lembaga dan instansi pemerintah atau swasta.
7. Sekretaris eksekutif, kepala badan, direktur, fakultas, jurusan, dan program studi di lingkungan Universitas Islam Indonesia.
8. Segenap Sivitas Akademika Universitas Islam Indonesia.
9. Para tamu undangan, sejawat, sahabat, keluarga, serta seluruh hadirin yang saya muliakan.

Dengan mengucapkan rasa syukur yang paling dalam, Alhamdulillahirabbil ‘alamiin atas izin Allah Swt. saya dapat berdiri di mimbar yang istimewa ini dalam Sidang Terbuka Senat Universitas Islam Indonesia untuk menyampaikan Orasi Ilmiah Pengukuhan Profesor dengan judul **“Composite as an Advanced Material for Energy and Environment”**.

**Para hadirin yang saya hormati,**

Perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan menjadi pilar utama dalam kemajuan teknologi dan industri yang banyak memberikan manfaat untuk meningkatkan kesejahteraan manusia[1]. Oleh sebab itu, perkembangan ilmu pengetahuan harus dilakukan terus menerus dan berkelanjutan melalui kreativitas dan inovasi-inovasi baru yang menghasilkan modernitas teknologi. Kebutuhan material maju di Indonesia sangat besar terutama untuk memenuhi kebutuhan industri. Perkembangan material maju difokuskan kepada 6 bidang yaitu kesehatan dan obat-obatan, energi, pangan, teknologi informatika dan komunikasi [2,3].

Perkembangan material maju di pasar dunia pada sektor nanoteknologi tumbuh dengan cepat dalam memenuhi kebutuhan industri. Namun demikian, kemajuan teknologi selalu diiringi dengan timbulnya dampak negatif karena tidak terkontrolnya aktivitas yang dilakukan, kesalahan dalam mengimplementasikan teknologi, dan lemahnya implementasi regulasi. Aktivitas yang berlebihan tersebut dapat merusak keseimbangan ekosistem seperti pencemaran lingkungan, ketergantungan pada sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui seperti krisis energi [4,5]. Beberapa hal yang diangkat sesuai dengan penelitian yang dilakukan adalah pemanfaatan material maju seperti nanokomposit yang digunakan sebagai adsorben untuk mencegah kerusakan lingkungan dan katalis untuk menghasilkan sumber energi terbarukan pengganti sumber energi fosil.

Akhir-akhir ini isu utama yang timbul pada negara-negara maju dan berkembang adalah permasalahan lingkungan dan krisis energi. Permasalahan lingkungan

timbul karena efek dari pembuangan limbah industri, limbah rumah sakit, limbah rumah tangga yang tidak dikontrol sehingga menjadi sumber utama dalam pencemaran lingkungan. Beberapa perairan seperti sungai yang terdapat di negara-negara berkembang lainnya mulai khawatir dengan terdeteksi senyawa-senyawa kimia berbahaya seperti sisa-sisa zat warna sintetik, buangan sisa-sisa obat-obatan, pestisida, logam-logam berat dan sebagainya [6,7]. Tanpa disadari bahwa dampak dari pencemaran lingkungan telah mengganggu keseimbangan ekosistem yang merusak keadaan semula baik menjadi tidak baik, bahkan membahayakan hingga mematikan makhluk hidup dan tumbuh-tumbuhan.

Isu utama lain, selain pencemaran lingkungan adalah krisis energi. Penggunaan sumber energi fosil semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan hidup manusia, yang menyebabkan cadangan sumber energi fosil semakin menipis. Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk menjadi faktor utama meningkatnya industrialisasi dunia yang banyak menggunakan sumber energi fosil [8,9]. Oleh sebab itu, krisis energi tersebut telah mendapat perhatian khusus pemerintah Indonesia untuk mencari sumber energi alternatif. Tanpa penemuan cadangan yang baru maka Indonesia akan mengalami krisis minyak bumi pada sembilan tahun ke depan, krisis gas bumi akan habis 22 tahun, dan krisis batubara akan habis dalam 65 tahun ke depan. Indonesia dan negara-negara maju lainnya terus berusaha untuk beralih menggunakan energi fosil menuju energi baru dan terbarukan (EBT) yaitu dengan mencari bahan baku energi lain sebagai pengganti energi fosil [10-13].

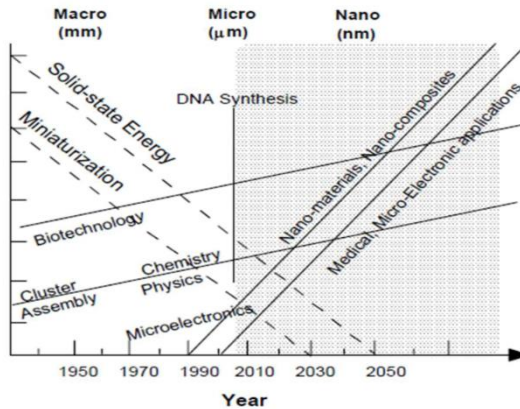
Pemerintah Indonesia telah memberikan investasi besar untuk menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan dan krisis energi melalui pembuatan regulasi mencegah pencemaran lingkungan: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik (Pemerintah Indonesia 2003), Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Kawasan Industri, Peraturan Pelaksanaan Peraturan Presiden No. 41 tahun 2016 tentang tata cara penetapan dan penanggulangan krisis energi dan atau darurat energi dan melalui penelitian yang dilakukan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), universitas dan lembaga riset lainnya.

### **Bapak Ibu yang saya hormati,**

#### **Perkembangan Teknologi Material**

Perkembangan nanomaterial dunia, terus maju dengan pesat untuk beberapa tahun ke depan dalam memenuhi kebutuhan industri dunia seperti pada Gambar 1 [14, 15]. Aplikasi material maju banyak digunakan pada bidang lingkungan, energi, kesehatan, otomotif, dan lain-lain. Namun, perkembangan nanomaterial di Indonesia relatif masih lambat. Meskipun pemerintah dan pihak swasta telah mengeluarkan triliun rupiah dana untuk peningkatan hasil riset dan inovasi melalui pengembangan riset oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hal ini, karena hasil penelitian masih dalam skala kecil, skala teoretis dan atau skala laboratorium yang ditulis dalam bentuk laporan skripsi, tesis dan disertasi sehingga belum mencapai target tingkat implementasi, bahkan hasil penelitian dosen banyak terhenti ketika telah terbit dalam jurnal. Ini

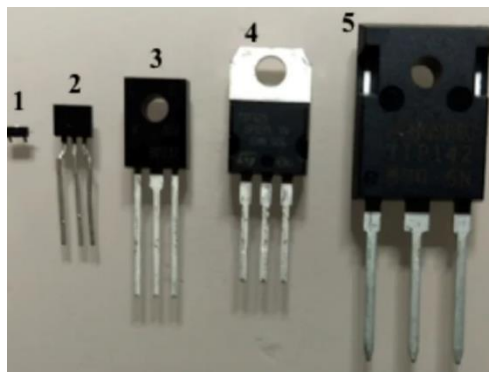
menjadi tantangan besar buat institusi peneliti seperti perguruan tinggi.



Gambar 1. Perkembangan ilmu pengetahuan material dan prospek ke depan

Teknologi material merupakan rekayasa material dasar menjadi material yang mempunyai struktur, sifat yang lebih baik dari materi penyusun sebelumnya. Struktur material memberikan keterangan tentang atom-atom penyusun material yang mikroskopis (dalam skala kecil) dan makroskopik (dalam skala besar). Sifat-sifat material tersebut dapat dikaitkan dengan fungsinya yang lebih bermanfaat untuk lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Beberapa sifat material dapat ditinjau dari sifat mekanik, optik, elektrik, termal, *magnetic*, dan deterioratif. Sifat-sifat tersebut dapat memberikan respon terhadap hasil dari rekayasa material yang akan diaplikasikan dalam tujuan tertentu [16, 17].

Sebagai contoh sifat optik dapat memberikan respon cepat terhadap perubahan gelombang elektromagnetik atau intensitas cahaya dan kemudian memberikan respon berupa index refraksi (penghaburan) atau reflektivitas (pemantulan) dalam tujuan tertentu seperti sensor, *finger print*, dan lain-lain. Nanomaterial yang banyak digunakan dalam bidang kesehatan untuk transportasi obat supaya cepat sampai pada target yang dituju. Sifat elektrik yang memberikan sifat semikonduktor seperti transistor [18]. Gambar 2 adalah transistor semikonduktor yang banyak digunakan pada perangkat elektronik.



Gambar 2. Transistor dan aplikasinya pada alat elektronik

### **Bapak dan Ibu yang saya hormati**

Klasifikasi material padat dapat dibagi 3 yaitu logam, keramik, polimer dan yang ke-4 adalah komposit yang merupakan penggabungan dari 2 atau lebih dari jenis material yang berbeda [19].

## Logam

Pengelompokan unsur-unsur dalam sistem periodik dapat dibagi menjadi logam, metaloid, dan non-logam seperti pada Gambar 3. Logam memiliki sifat di antaranya adalah penghantar panas dan listrik yang baik, mudah dibentuk dengan cara ditempa, ulet dan memiliki titik leleh yang tinggi. Metaloid merupakan senyawa yang memiliki sifat antara logam dan non-logam, dalam keadaan tertentu dapat dibuat sebagai semikonduktor yang digunakan dalam perangkat elektronik. Non-logam memiliki sifat penghantar panas/listrik yang buruk (isolator) dan ulet dan tidak mudah dibentuk. Perpaduan dua atau lebih logam yang berbeda atau dengan senyawa kimia lain disebut aloi seperti perunggu atau perak yang banyak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti Gambar 4. Superalloy atau *stainless steel* merupakan senyawa homogen yang dibentuk dari paduan besi, nikel, atau kobalt, dan lain-lain. Superalloy banyak digunakan untuk peralatan yang bertemperatur tinggi hingga  $2000^{\circ}\text{C}$  seperti komponen mesin pesawat jet, turbin dan mobil, dan lain-lain.

Perpaduan logam dengan non-logam seperti oksigen menghasilkan senyawa baru yaitu oksida logam ( $\text{MxOy}$ ). Oksida logam dapat berbentuk nanopartikel ( $10^{-9}\text{m}$ ) yang mempunyai sifat unik seperti magnetik, *optic*, elektrokimia yang banyak digunakan sebagai sensor, baterai, superkapasitor, dan banyak mengandung gugus fungsi oksigen.



bersifat insulator terhadap panas dan listrik. Pemanfaatan keramik digunakan pada teknologi tinggi sebagai komponen pesawat terbang, mobil, kristal, optik dan lain-lain.

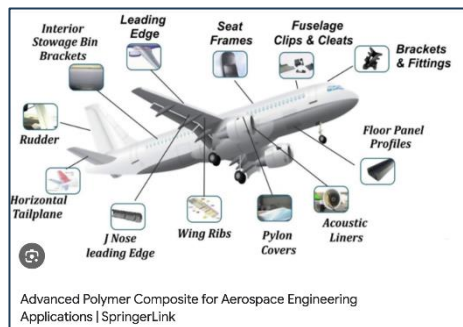
Beberapa sifat keramik adalah keras, bahkan lebih keras daripada logam dan polimer, serta memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan logam. Penerapan keramik dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat di sekitar kita misal pada lantai keramik, tembikar, pot, perabotan kamar mandi, dan sebagainya. Dalam aplikasi berteknologi tinggi, keramik digunakan sebagai komponen pesawat untuk menahan panas. Titik leburnya yang melebihi logam, sehingga dipakai sebagai bahan refraktori pada tungku pembakar (*graphite furnace*).

### **Polimer**

Kelompok polimer adalah material non-logam dan sering dikenal sebagai plastik atau karet. Polimer terdiri dari unsur organik seperti karbon, oksigen, silikat. Polimer mempunyai struktur molekul yang besar dengan rantai karbon panjang. Polimer alami adalah polimer yang terjadi secara alami dalam makhluk hidup termasuk selulosa dalam kayu, amilum dalam pati, sutera, kulit dsb. Polimer sintetik adalah polimer yang dibuat menggunakan teknologi berbahan dasar kimia seperti polietilena (PE), nilon, poli vinil klorida (PVC), polikarbonat (PC), polystyrene (PS), dan karet silikon. Karakterisasi polimer memiliki sifat kuat, keras, elastis/lentur, isolator dan banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga.

Perkembangan teknologi dan rekayasa material polimer meningkat dengan pesat menjadi polimer maju

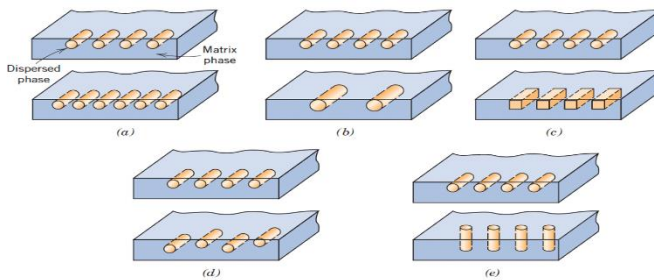
(*advanced material*). *High-performance polymer* merupakan polimer yang mana sifat-sifatnya seperti sifat mekanik, *termal stability*, anti korosif dapat didesain sesuai dengan keperluan dalam aplikasinya. Penggabungan polimer dengan material anorganik seperti logam dan keramik menjadikan polimer-berbasis komposit yang memiliki sifat unggul untuk multifungsi. Beberapa aplikasi *high-performance polymer* adalah untuk memenuhi kebutuhan industri berteknologi tinggi, bidang kesehatan, komponen pesawat terbang dan mobil serta *packaging material*. Beberapa penggunaan polimer pada pesawat terbang Gambar 5.



Gambar 5. Pemanfaatan polimer sebagai komponen pesawat terbang

## Komposit

Kelompok komposit merupakan perpaduan dari dua atau lebih material yang memiliki fase berbeda menjadi material baru dengan sifat yang berbeda dari material penyusunnya. Material tersusun dari dua fase yang berbeda yaitu berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Matrik merupakan penyusun utama dari komposit yang lebih dominan dan kontinu berfungsi sebagai pengikat. Fase penguat dan pengikat tersusun berdasarkan perbandingan dan bentuk partikel seperti pada Gambar 6.



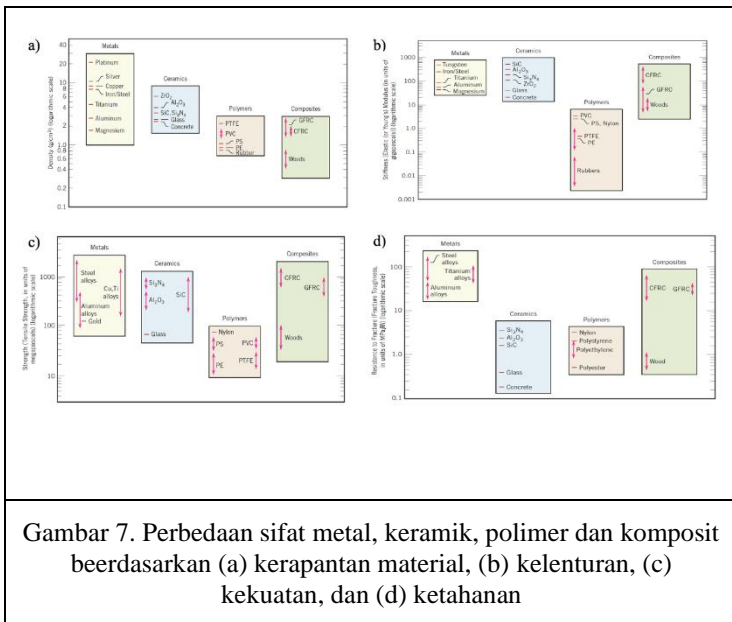
Gambar 6. Perbandingan partikel meliputi: (a) konsentrasi, (b) ukuran, (c) bentuk, (d) distribusi, dan orientasi/arah partikel yang terdistribusi di dalam matrik.

Komposit dapat digolongkan berdasarkan matrik penyusunnya.

1. Metal Matriks Composite (MMC) adalah matrik logam seperti cobalt, tembaga, aluminium yang diperkuat oleh fiber, keramik atau partikel lain untuk memperkuat sifat kemaknik komposit.

2. Ceramic Matriks Composite (CMC) adalah matrik keramik, gelas-keramik yang diperkuat dengan material lain seperti oksida, barbita dan nitride.
3. Polymer Matriks Composite (PMC) adalah polimer matrik yang diperkuat oleh serat pendek atau serat kontinu menjadi satu kesatuan komposit.

Perbedaan sifat material logam, keramik, polimer dan komposit diterangkan pada Gambar 7.



Perpaduan matrik dari material berpori karbon aktif dengan oksida logam menghasilkan sifat komposit yang lebih baik. Peningkatan sifat fisika seperti *termal stability*, luas permukaan, distrusi pori yang homogen dan sifat kimia terdapatnya kelimpahan gugus fungsional oksigen baik berasal dari oksida-oksida maupun dari bahan dasar

karbon aktif. Kegunaan komposit tersebut berfungsi sebagai adsorben dan katalis/fotokatalis. Komposit dapat tersusun dari mono/bi-logam oksida yang terterimobilisasi pada permukaan karbon aktif berpori seperti NiO/karbon aktif, ZnO/karbon aktif, Ag<sub>2</sub>O/karbon aktif, Ni-MoO<sub>4</sub>/karbon aktif, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ag<sub>2</sub>O/karbon aktif dan ZnO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/karbon aktif [20, 21]. Peran komposit sebagai adsorben dapat digunakan untuk mengurangi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh bahan berbahaya beracun seperti zat warna sintetik, logam-logam berat, buangan obat-obatan dan pestisida yang terlarut dalam air. Dan sebagai katalis, komposit sangat efektif digunakan untuk konversi minyak kelapa sawit menjadi bensin, kerosin dan diesel [22].

### **Nanomaterial**

Nanomaterial merupakan ilmu pengetahuan nano (nanoscience) dan nanoteknologi yang interdisiplin ilmu, baik ilmu fisika, kimia, kesehatan, dan elektronik, dan lain-lain. Akhir-akhir ini perkembangan nanoteknologi menuju pada material maju (*advanced materials*) seperti pada nanopartikel. Nanoteknologi telah berhasil mengkonversi material dasar menjadi material berdimensi berskala nano ( $1 \times 10^{-9}$  m) atau 100,000 lebih kecil dari diameter rambut manusia. Secara umum material yang termasuk berukuran nanopartikel berada pada skala lebih kecil dari 100 nm. Beberapa aplikasi dari material maju adalah sebagai semikonduktor, biomaterial, *smart material* yang menjadi kebutuhan utama pada berbagai industri dan bahkan menjadi indikator kemajuan industri suatu negara.

Semikonduktor memiliki daya hantar semi listrik yang berada antara sifat isolator dan konduktor dan

dikembangkan menjadi chip Integrated Circuit (IC) yaitu Komponen Elektronika Aktif yang terdiri dari gabungan Transistor, Dioda, Resistor dan Kapasitor yang diintegrasikan menjadi suatu Rangkaian Elektronika dalam sebuah kemasan kecil.

Biomaterial merupakan material yang penting dalam medis dan telah banyak digunakan sebagai bahan pengganti tulang, gigi atau *stent* untuk menggantikan bagian yang telah rusak atau tidak berfungsi optimal. Beberapa contoh biomaterial adalah *metallic biomaterial* (*implant* tulang *stainless steel* biomedik), biokeramik (*implant* gigi atau pengganti bantalan tulang), polimer biomaterial (bahan pembuat lensa mata, pembuatan sendi tulang).

*Smart material* merupakan material yang mempunyai sifat *responsive* yang tinggi dan dapat berubah dalam waktu yang relatif singkat (sensor).

**Bapak dan Ibu yang saya hormati,**

### **Karbon aktif**

Karbon aktif dan arang merupakan material yang hampir sama, namun berbeda secara signifikan terutama pada struktur dan komposisi materialnya. Arang adalah material padat berwarna hitam memiliki kandungan karbon yang tidak murni dan struktur yang relatif lunak dan rapuh. Proses pembuatan arang sangat sederhana yaitu membakar bahan baku di daerah terbuka yang bercampur dengan gas oksigen. Arang mempunyai sifat kering atau mengandung sedikit air dan berukuran besar (diameter 1-10 cm) sehingga mudah terbakar dengan tingkat energi lebih tinggi dan tahan lama. Kegunaan

arang adalah sebagai pengganti bahan bakar minyak untuk memasak atau membakar daging (sate).

Karbon aktif merupakan senyawa padat berwarna hitam yang tersusun atas unsur karbon 85%-95% dan sisanya adalah hidrogen, nitrogen, silika atau pengotor. Tidak banyak orang yang mengetahui keistimewaan karbon aktif sehingga banyak masyarakat tidak tertarik untuk melakukan bisnis karbon aktif. Secara global berdasarkan data uncomtrade (2022) menyatakan bahwa permintaan karbon aktif dunia pada periode 2017-2021 mencapai 882,23 ribu ton/tahun, setara dengan US\$ 1,92 miliar/tahun. Sementara itu, Indonesia hanya menempati peringkat 9 sebagai eksportir karbon aktif dunia. Rata-rata ekspor karbon aktif Indonesia mencapai 25,58 ribu ton pertahun atau setara dengan US\$ 40,23 juta [23]. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah yang banyak mengandung karbon seperti tempurung kelapa, limbah kelapa sawit, ampas tebu, sekam padi. Ketersediaan bahan baku pembuat karbon aktif di Indonesia adalah yang terbesar di dunia. Hal ini sangat berpotensi jika pendirian industri karbon aktif dan turunannya ditingkatkan di Indonesia.

Pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan proses fisika dan kimia. Proses fisika atau dikenal juga dengan proses aktivasi fisika dilakukan dengan pirolisis dalam reaktor tertutup pada suhu tinggi dari 500°C sd 1100°C. Selama proses pirolisis berlangsung gas seperti nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan kecepatan alir dan volume gas telah ditentukan. Tujuan pengaliran gas adalah untuk mempercepat proses penguapan atau pemutusan ikatan substansi pengotor seperti tar, serta mempercepat penyusunan ulang karbon karbon untuk

membentuk struktur berpori dengan luas permukaan yang besar. Perbedaan dengan proses kimia adalah bahan baku pembuat karbon aktif terlebih dahulu diimpregnasi atau direndam menggunakan bahan kimia seperti asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), kalium hidroksida (KOH), zink klorida ( $ZnCl_2$ ) dengan konsentrasi tertentu.

Selama proses impregnasi, bahan baku diaduk dengan *magnetic stirrer* dan perlahan-lahan dipanaskan pada suhu  $80^{\circ}C$ - $85^{\circ}C$  selama 24-48 jam. Setelah proses impregnasi sampel disaring, dicuci dan dinetral. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam reaktor untuk proses pirolisis pada suhu  $400$ - $700^{\circ}C$  dengan mengalirkan gas nitrogen uap air, karbon dioksida, atau argon ke dalam reaktor. Proses impregnasi adalah untuk menyisipkan bahan kimia tersebut di antara senyawa selulosa sehingga mempercepat proses pemutusan ikatan lignin, melepaskan pengotor dan mempermudah penyusunan ulang struktur karbon-karbon. Pemanfaatan gas dapat mempercepat proses penguapan pengotor yang lepas dari proses pemutusan ikatan dan meninggal struktur karbon dengan pembentukan pori dan permukaan yang luas.

Keunikan sifat karbon aktif adalah memiliki luas permukaan besar berkisar antara  $300$   $m^2/g$ -  $2500$   $m^2/g$ , distribusi pori yang merata terdiri atas mikropori (diameter  $<2$  nm), mesopore (diameter  $2$ - $50$  nm), dan makropori (diameter  $> 50$  nm) dan gugus fungsi yang bervariasi meliputi nitrogen, oksigen dan hidrogen. Ukuran partikel karbon aktif dapat dibagi menjadi 2 jenis. Karbon aktif granular memiliki ukuran 8 mesh ( $0.6$  mm) sampai dengan 8 mesh ( $2.36$  mm) dan karbon *powder* yang memiliki ukuran lebih kecil dari 30 mesh hingga berukuran nano karbon aktif.

## **Para hadirin yang saya hormati**

Analisis komposit oksida logam/karbon aktif sebagai adsorben dan fotokatalis

Air merupakan bagian yang sangat penting dalam menjaga kelangsungan makhluk hidup. Oleh sebab itu, kualitas dan kuantitas air harus dijaga dan terjamin dengan baik. Namun demikian hingga saat ini pencemaran perairan masih saja terjadi. Dari hasil analisis, beberapa wilayah perairan seperti air sungai telah terdeteksi mengandung bahan berbahaya dan beracun yang dapat merusak kesetimbangan ekosistem dan bahkan mengancam kelangsungan hidup biota perairan. Beberapa bahan kimia atau polutan yang terdapat dalam perairan adalah seperti ion logam berat, sisa obat-obatan, zat warna sintetik, dan pestisida yang terakumulasi menjadi polutan yang berbahaya untuk makhluk biota. Meningkatnya tingkat pencemaran perairan seiring dengan meningkatnya jumlah industri, populasi penduduk dan lemahnya regulasi pengendalian pencemaran [24,25]. Beberapa wilayah perairan yang tercemar karena kandungan polutan telah melebihi standar baku mutu perairan yang telah ditetapkan pemerintah Indonesia.

Beberapa metode telah diupayakan untuk mengurangi tingkat pencemaran lingkungan melalui proses adsorpsi, elektrokimia, pengendapan dan pertukaran ion. Salah satu metode yang sering di gunakan adalah proses adsorpsi dan fotokatalis. Proses ini diharapkan mampu untuk mengurangi tingkat pencemaran pada lingkungan perairan. Proses adsorpsi digunakan secara luas di industri-industri karena memiliki keunggulan antara lain adalah kesederhanaan proses, biaya operasional rendah, dan efektivitas yang tinggi. Proses adsorpsi memerlukan

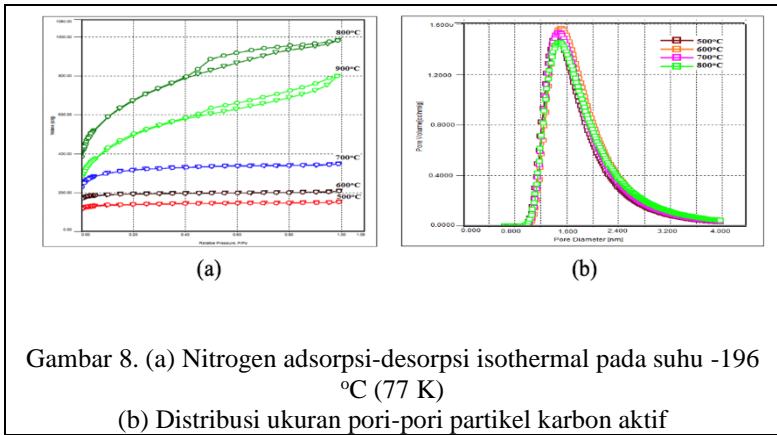
material padat berpori yang disebut sebagai adsorben seperti karbon aktif yang berpotensi untuk menyerap polutan yang terlarut dalam limbah cair. Perkembangan adsorben dari bahan dasar karbon aktif terus dilakukan untuk menjadi senyawa yang lebih multifungsi. Penggabungan karbon aktif (matrik) dengan nano oksida logam (*disperse material*) yang terdistribusi pada permukaan karbon aktif menghasilkan senyawa baru yaitu nano oksida logam-karbon aktif atau nanokomposit, yang memiliki karakter lebih unggul dari pada material penyusun individu.

Karakterisasi sifat fisika dan kimia dari material komposit dapat dilakukan di laboratorium Kimia FMIPA dan laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia. Semua instrumentasi berteknologi tinggi di laboratorium telah tersertifikasi ISO/IEC 17025:2017 dengan No. LP-478-IDN sehingga proses pengujian kimia terjamin kualitas mutunya oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Beberapa instrumentasi tersebut diantaranya adalah X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Elektron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX), Gas Surface Analyzer (GSA), Gas Chromatography-mass Spectrometry (GC-MS), Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) dan Fourier Transform Infrared (FTIR), Ultra Violet Visible (UVVis), dan Pore Size Analyzer (PSA) dll. Keberadaan instrumentasi ini insyaallah dapat menginisiasi Universitas Islam Indonesia menjadi *pre-research university* ditambah dengan di perpustakaan digital dan hilirisasi penelitian memiliki nilai aplikasi yang bermanfaat untuk industri dan kesejahteraan masyarakat.

**Bapak dan Ibu serta para hadirin yang saya hormati.**

Beberapa contoh hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Gas Surface Analyzer (GSA) adalah instrumentasi yang telah digunakan untuk menentukan luas permukaan, distribusi pori serta kapasitas volume pori. Analisis data untuk karbon aktif berasal dari tempurung kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 1.



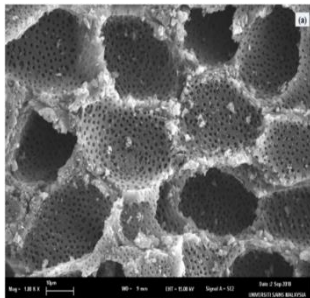
Gambar 8. (a) Nitrogen adsorpsi-desorpsi isothermal pada suhu -196 °C (77 K)

(b) Distribusi ukuran pori-pori partikel karbon aktif

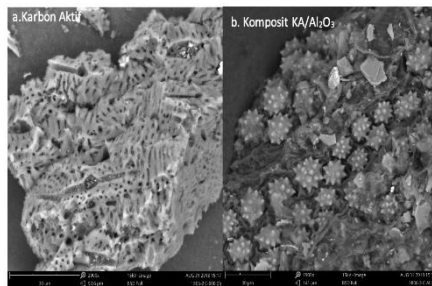
Tabel 1. Karakteristik tekstur dan morfologi permukaan karbon aktif

Type of chemical	Temp (°C)	BET surface area (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	t-plot			Total pore volume (p/p <sub>0</sub> = 0.99) (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Mesopore Volume (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )
			Micropore volume (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Micropore area (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	External surface area (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		
50 % KOH	700	1126	0.34	897	229	0.55	0.32
	800	1294	0.41	851	444	0.74	0.40
85% KOH	800	2301	0.55	1138	1162	1.52	0.97
	900	1707	0.54	1099	617	1.24	0.70

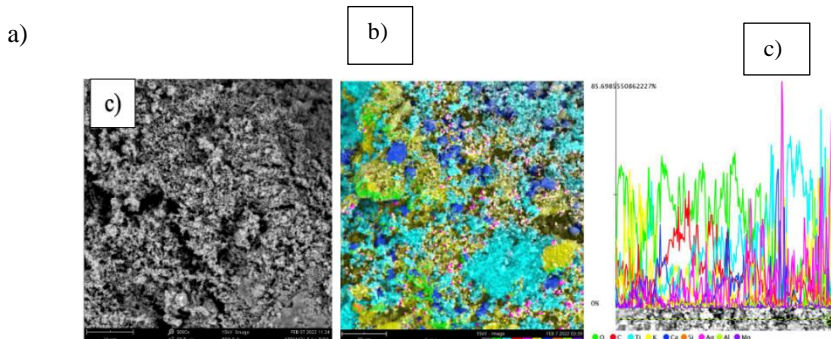
Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) instrumentasi ini digunakan untuk menentukan morfologi struktur permukaan dengan perbesaran citra dari objek hingga 20.000 x lebih besar seperti pada gambar 9-11.



Gambar 9. Struktur pori karbon aktif tempurung kelapa sawit

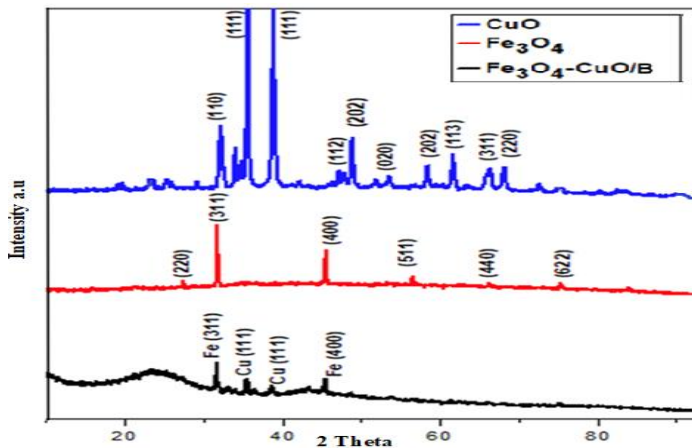


Gambar 10. Struktur pori karbon aktif tempurung kelapa sawit dan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /karbon aktif



Gambar 11. Morfologi struktur permukaan (a) karbon aktif, (b)  $\text{Ag}_2\text{O}$ - $\text{TiO}_2$ /karbon aktif dan tingkat unsur pada permukaan karbon aktif

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui fase kristal dan dimensi unit sel dari komposit seperti pada Gambar 12.

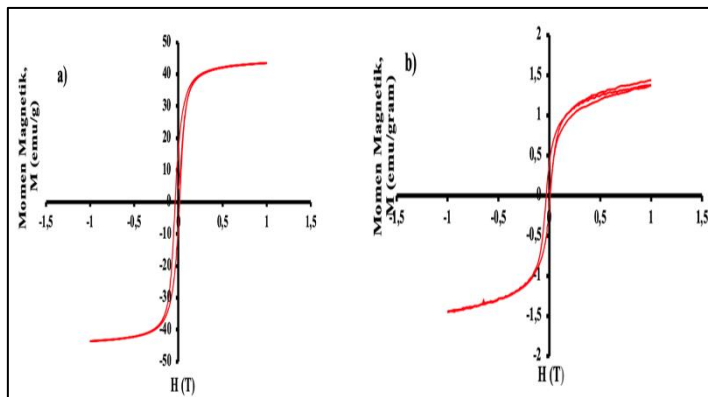


Gambar 12. XRD untuk CuO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-CuO/biochar

Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) telah digunakan untuk riset ini pada proses pemisahan dan identifikasi komponen yang dihasilkan dari proses konversi minyak kelapa sawit menjadi produk fraksi bensin, kerosin dan dielsel. Dan konversi bioethanol dari kulit nanas dan kulit pisang kapok menjadi butanol dan fraksi bensin.

Vibration Sample Magnetometer (VSM) merupakan instrument untuk menentukan sifat magnetik bahan komposit. Hasil analisis dari komposit berupa *out put* hystersis loop (H-H loop), kurva magnetisasi, kurva pemanasan. Berdasarkan hasil karakterisasi magnetisasi

adalah momen magnetisasi saturasi ( $M_s$ ), momen magnetik remanen ( $M_r$ ), koersivitas magnetik intrinsic ( $H_{ci}$ ), energi produk maksimum ( $BH_{max}$ ) dan temperature Curie ( $T_c$ ). Gambar 13 adalah grafik VSM komposit  $Fe_3O_4$ -CuO/biochar [26].



Gambar 13. VSM material komposit  $Fe_3O_4$ /biochar dan  $Fe_3O_4$ -CuO/biochar

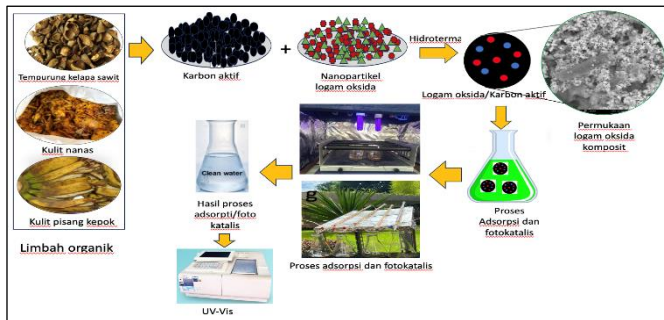
## Para hadirin yang saya hormati

### Aplikasi komposit sebagai adsorben dan fotokatalis

Perpaduan nanopartikel oksida logam dengan karbon aktif dengan rumus umum adalah  $MxOy$ /karbon aktif dan atau bi-oksida logam/karbon aktif dengan rumus umum  $MxOy$ - $MxOy$ /karbon aktif. Beberapa contoh senyawa komposit adalah magnetik  $Fe_3O_4$ /karbon aktif, NiO/karbon aktif, ZnO/karbon aktif,  $Ag_2O$ /karbon aktif, dan ZnO- $Fe_3O_4$ /karbon aktif,  $Fe_3O_4$ - $Ag_2O$ /karbon aktif, NiO- $MoO_3$ /karbon aktif. Distribusi oksida logam pada

permukaan material berpori dapat meningkatkan sifat fisika yang lebih baik meliputi; stabilitas termal, semikonduktor dan gugus fungsi yang reaktif untuk berinteraksi dengan senyawa polutan dalam proses adsorpsi.

Pada penelitian ini, kapasitas dan efektivitas komposit sebagai adsorben atau fotokatalis diuji di laboratorium untuk mengurangi kandungan polutan seperti zat warna sintetik (rhodamine B, metil orange), logam berat (ion  $Pb^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$ ) limbah obat-obatan (paracetamol, tetrasiklin, metformin, dan ibu profen) yang terdapat di dalam air [27]. Kondisi reaksi dalam proses adsorpsi dan fotokatalisis dilakukan pada variasi pH (pH 2-pH10), konsentrasi (100 ppm-600 ppm), berat adsorben (0,5 g-2 g) dan waktu (30 menit- 150 menit) yang mencerminkan kondisi pada lingkungan terbuka. Proses adsorpsi dan fotokatalitik dilakukan seperti pada Gambar 14. Kapasitas adsorbent dan fotokatalis ditentukan dengan instrumentasi UV-Visible spectrometri. Analisis data dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 14. Bagan proses adsorpsi dan fotokatalisis untuk adsorpsi polutan alam air

Tabel 2. Pemanfaatan adsorben dan fotokatalis dalam proses pengolahan limbah

No	Komposit	Aplikasi	Hasil pada variasi konsentrasi	Keterangan	Mahasiswa peneliti
1	Karbon aktif/ $Al_2O_3$	Adsorpsi Metilen Biru dan Fenol Menggunakan akan Komposit Karbon Aktif/ $Al_2O_3$ v	50 %-75%	Komposit berpotensi dalam proses penurunan pencemaran limbah	Meidita Kemala Sari dan Afra Najiyah Amatullah
1	$Fe_3O_4$ - CuO/biochar	Adsorpsi limbah anion dalam air: nitrat, nitrit, fosfat dan fluorida.	Kapasitas adsorpsi maksimum: sekitar 44%-60%	Adsorben berpotensi dalam proses penurunan pencemaran limbah anion dalam air	Rahmi Ahdiaty

2	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> - Ag <sub>2</sub> O/selulose	Fotodegradasi ibuprofen dalam air	Kapasitas degradasi maksimum ibuprofen sebesar 60,4 %	Fotokatalisis berpotensi digunakan sebagai katalis dalam proses degradasi fotokatalisis	Yuni Munsifah
3	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> - Ag <sub>2</sub> O/selulose	Adsorpsi metformin dalam air	Kapasitas degradasi maksimum ibuprofen sebesar 91,1 %	Adsorben berpotensi dalam proses penurunan pencemaran limbah metformin dalam air	Angie Fidella
4	NiO- ZnO/karbon aktif	Adsorpsi limbah zat warna rhodamine B	Kapasitas adsorpsi rhodamine B	Adsorben berpotensi dalam proses	Annisa Ayu Widyaningtyas

			mencapai 94.2 %	penurunan pencemaran limbah zat warna rhodamine B	
5	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -TiO <sub>2</sub> /Karbon Aktif	Adsorpsi ion logam Cu(II) dan Cd(II) dalam larutan air	Kapasitas adsorpsi maksimum 54.8 %	Adsorben berpotensi digunakan dalam penurunan pencemaran ion logam	Endah Desiyani
6	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -CuO/Karbon Aktif	Adsorpsi fenol	Kapasitas adsorpsi maksimum 78,5 %	Adsorben berpotensi digunakan dalam penurunan pencemaran fenol	Rizky Frio Abimanyu
7	Ag <sub>2</sub> O-ZnO/Nanose lulosa	Adsorpsi metformin	Kapasitas degradasi	Perpotensi sebagai	Afifah Hapsari

			si 99.3 %	material fotokatalisi	
8	ZnO-CuO/ Karbon Aktif	Adsorpsi klorofenol	Kapasitas adsorpsi 78,7 %	Adsorben berpotensi dalam proses penurunan pencemaran limbah klorofenol dalam air	Rafika Cahaya Sukma

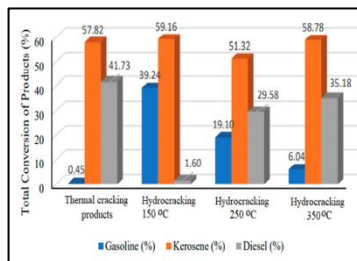
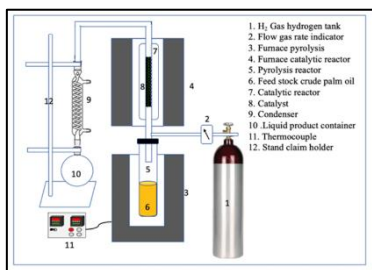
**Bapak dan Ibu yang saya hormati**

**Para hadirin yang saya hormati.**

Pada awal tahun 2022, Pusat Rekayasa Katalisis, Institute Teknologi Bandung bekerjasama dengan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) telah berhasil untuk mengkonversi minyak sawit menjadi bensin biohidro karbo dengan nama bensa (minyak kelapa sawit). Ketersediaan minyak kelapa sawit di Indonesia sangat besar, sehingga berpotensi untuk menggantikan bahan baku energi fosil yang semakin menipis. Inovasi baru harus terus dikembangkan untuk menghasilkan produk-produk kreatif dengan menerapkan teknologi tepat guna. Hal ini penting untuk menemukan parameter-

parameter peningkatan kualitas produk untuk mencapai skala yang lebih besar.

Dalam upaya untuk mencari sumber energi alternatif terbarukan telah saya lakukan di antaranya pemanfaatan minyak kelapa sawit, limbah kulit nanas, dan limbah kulit pisang sebagai bahan baku pembuat senyawa hidrokarbon rendah seperti fraksi bensin ( $C_5-C_{11}$ ), kerosin ( $C_{12}-C_{17}$ ), dan diesel ( $C_{18}-C_{24}$ ). Proses konversi dilakukan dengan metoda hidrocracking dan atau hidrogenasi menggunakan katalis nanokomposit yaitu Ni-MoO<sub>4</sub>/karbon aktif, Ni-Cd/karbon aktif, dan Ni-Cu/karbon aktif [28, 29]. Gambar 15 menunjukkan proses hidrocracking dan hidrogenasi untuk konversi menjadi senyawa hidrokarbon rendah. Gambar 16 menunjukkan hasil konversi minyak kelapa sawit menjadi benes, kerosin dan diesel seperti Tabel. 3



Gambar 15. Proses konversi minyak sawit menjadi fraksi bensin, kerosin dan diesel

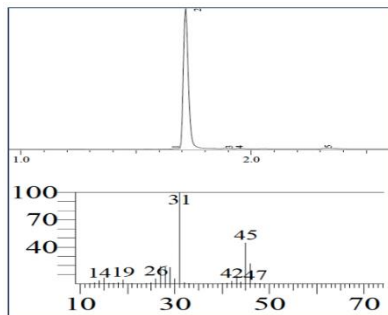
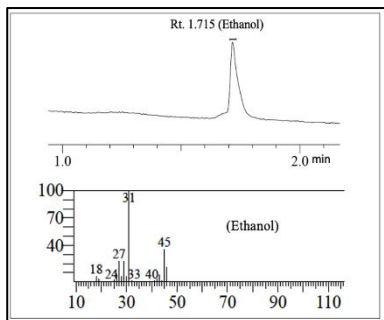
Gambar 16. Persentase hasil konversi dalam bentuk fraksi bensin, kerosin dan diesel

Tabel 3. Distribusi hasil konversi berdasarkan berdasarkan jumlah unsur karbon: bensin, kerosin dan diesel

Peak no	Liquid product	Conversion of crude palm oil to gasoline fractions (%)			
		Thermal cracking 150 °C (wt%)	Hydrocracking 150 °C (wt%)	Hydrocracking 250 °C (wt%)	Hydrocracking 350 °C (wt%)
1	n-Hexane	-	0.46	1.22	0.56
2	n-Heptane	-	1.82	1.41	0.50
3	1-Heptene	-	2.11	1.53	0.33
4	n-Octane	-	4.81	2.23	0.84
5	1-Octene	-	4.71	2.76	0.69
6	n-Nonane	-	10.30	2.51	1.61
7	1-Nonene	-	5.12	2.62	0.63
8	Cyclooctene	-	1.02	-	-
9	2-Nonene	-	1.29	-	-
10	n-Decane	-	3.78	2.44	0.61
11	Cyclooctene	-	1.01	-	-
12	1-Decene	-	2.81	2.38	0.27
13	1-Undecene	0.45	-	-	-
Total		0.45	39.24	19.10	6.04

### **Bapak dan Ibu yang saya hormati**

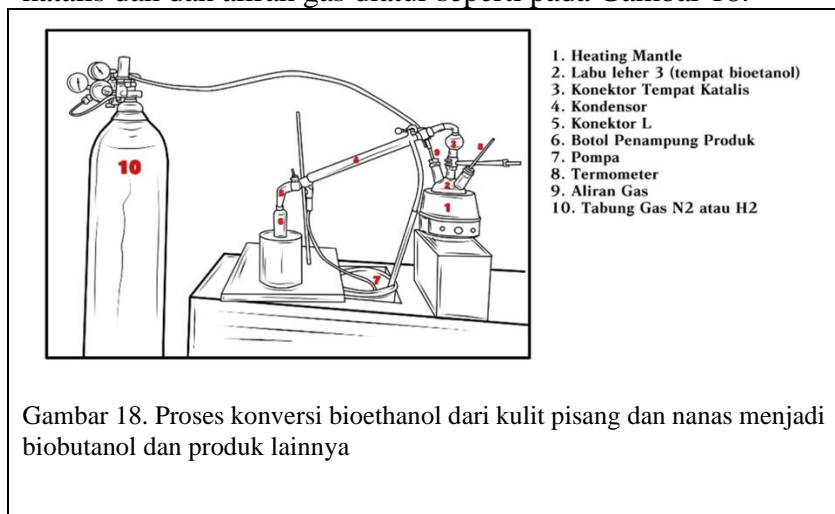
Pembuatan bioethanol dari limbah kulit nanas dan kulit pisang dilakukan dengan proses fermentasi menggunakan ragi selama 8 hari. Produk yang dihasilkan adalah campuran bioethanol dengan air, dipisahkan menggunakan evaporator dan dianalisis menggunakan instrumentasi GC-MS seperti Gambar 17. Hasil yang diperoleh adalah bioethanol murni dengan kadar antara 95 %-99 %.



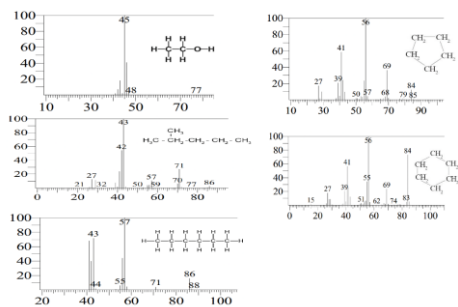
b)

Gambar 17. Analisis GC-MS menghasilkan a) 100 % bioethanol dari kulit nanas dan b) 97,09 % bioethanol dari kulit pisang kepok

Konversi bioethanol menjadi fraksi bensin (C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub>) dan bioetanol dilakukan dengan proses hidrokracking menggunakan katalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO/karbon aktif, NiMoO<sub>4</sub>/karbon aktif pada variasi suhu yang telah ditentukan. Bahan baku bioethanol, katalis dan aliran gas diatur seperti pada Gambar 18.



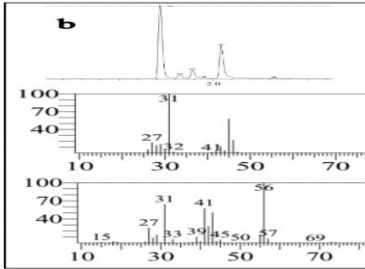
Hasil konversi bioethanol adalah berupa cairan yang tidak berwarna atau bening. Berdasarkan spektra GC-MS, hasil dari konversi bioetanol dapat dilihat pada Gambar 19 dan Tabel 4. Kapasitas konversi bioetanol yang berasal dari limbah kulit nanas adalah 5,07 % fraksi bensin (C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub>) yang terdiri atas kandungan yang berbeda. Hal ini membuktikan bahwa limbah kulit nanas berpotensi dikonversi menjadi fraksi bensin dengan menggunakan katalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO/karbon aktif. Namun demikian, konversi bioetanol yang berasal dari kulit pisang hanya menghasilkan senyawa butanol dengan kadar berkisar 30% dan 35% seperti pada Gambar 20 dan Tabel 5. Perbedaan hasil konversi ini membuktikan bahwa sifat wangi yang dihasilkan kulit nanas berpotensi menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih ringan dan mudah menguap yang diperkirakan menjadi fraksi bensin.



Gambar 19. Analisis GS-MS spektra pada konversi bioethanol dari kulit nanas menjadi fraksi etanol dan butanol dengan katalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO/karbon aktif

Product dari kulit pisang	Temperature 90°C-100 °C (% area)	Temperature 100 °C-110 °C (% area)
Ethanol	95,73	61,14
Methyl pentan	0,71	35,25
Heksane	0,82	-
Siklopentan	1,95	-
sikloheksan	1,59	-

Tabel 4. Persentase konversi bioethanol kulit nanas menjadi biobutanol menggunakan katalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO/karbon aktif



Gambar 20. Analisis GS-MS spektra pada konversi bioethanol dari kulit pisang menjadi fraksi butanol, dengan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ /karbon aktif

Product dari kulit pisang	Temperature 90°C-100 °C (% area)	Temperature 100 °C-110 °C (% area)
Ethanol	60,80	61,14
Biobutanol	35,72	35,25

Tabel 5. Persentase konversi dari kulit pisang menjadi menjadi fraksi biobutanol dengan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ /karbon aktif

## Bapak dan Ibu yang saya hormati

### Kesimpulan

Kebutuhan nanomaterial dan material maju di Indonesia terus meningkat sejalan dengan perkembangan dan permintaan industri. Aplikasi nanokomposit material maju sangat menjanjikan sebagai adsorben dan fotokatalis terutama untuk menjaga kesehatan lingkungan perairan. Sintesis komposit nanopartikel oksida logam yang terimobilisasi pada permukaan material padat berpori karbon aktif seperti  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /karbon aktif,  $\text{NiO-ZnO}$ /karbon aktif,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ /karbon Aktif,  $\text{ZnO-CuO}$ /karbon aktif,  $\text{Ag}_2\text{O-ZnO}$ /nanoselulosa telah dianalisis dan diuji kapasitasnya sebagai adsorben pada proses adsorpsi fenol dan klorofenol, zat warna sintetik seperti rhodamine B dan metil orange, limbah obat-obatan seperti metformin, terasiklin, ibuprofen dll. Proses dilakukan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dan hasil analisis

menerangkan bahwa kapasitas nanokomposit dapat mengurangi tingkat pencemaran antara 75%-98%.

Komposit nanopartikel oksida logam karbon aktif dapat juga digunakan sebagai katalis seperti  $\text{NiMoO}_4$ /karbon aktif, Ni-Cd/karbon aktif, dan Ni-Cu/karbon aktif untuk mengkonversi minyak kelapa sawit dan limbah nanas untuk menjadi senyawa hidrokarbon rantai rendah seperti fraksi bensin ( $\text{C}_5$ - $\text{C}_{11}$ ), kerosin ( $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{17}$ ), dan diesel ( $\text{C}_{18}$ - $\text{C}_{24}$ ). Kapasitas konversi minyak kelapa sawit pada proses hidrokraking suhu  $150^\circ\text{C}$  diperoleh fraksi bensin (39.24%), fraksi kerosin (59.16%) dan diesel (1.60%). Kapasitas katalis dalam mengkonversi minyak kelapa sawit menurun dengan kenaikan suhu. Limbah kulit nanas dapat dibuat menjadi bioetanol dengan proses fermentasi dan dikonversi menggunakan katalis menjadi fraksin bensin diperoleh sebesar 5,07% dengan komposisi fraksi bensin ( $\text{C}_5$ - $\text{C}_{11}$ ) berbeda. Secara umum kesimpulan dari hasil penelitian yang disampaikan dalam orasi ilmiah ini adalah komposit nanopartikel oksida logam karbon aktif berpotensi menjadi adsorben atau fotokatalis untuk mengurangi tingkat pencemaran dalam air dan sebagai katalis heterogen untuk konversi minyak kelapa sawit dan limbah kulit nanas menjadi senyawa fraksi bensin. Hal ini menerangkan bahwa minyak kelapa sawit dan limbah kulit nanas berpotensi untuk menjadi sumber energi terbarukan.

### **Bapak dan Ibu yang saya hormati**

Demikian orasi ilmiah tentang keilmuan yang saya pelajari bersama-sama dengan mahasiswa sarjana (S1), magister (S2) dan para dosen kimia FMIPA UII.

### **Bapak dan Ibu yang saya hormati.**

Izinkan saya untuk mengucapkan ucapan terima kasih kepada semua mahasiswa, kerabat, pimpinan dan keluarga serta orang tua.

Pertama mengucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan waktu belajar di SDN. 22 Rintis, teman-teman SMP PGRI, Teman-teman SMAN I (teman-teman SMANSA) dan kelas IPA 3 Pekanbaru dan teman-teman kuliah di jurusan kimia FMIPA Universitas Riau Pekanbaru. Meskipun kita jarang ketemu tapi komunikasi kita selalu terjaga meskipun melalui dunia maya Whatsapp, Facebook, dll.

Ucapan terima kasih kepada Dekan pertama FMIPA UII, Prof. Dr. Chairil Anwar, Pembimbing desertasi Assoc. Prof. Ahmad Md. Noor (Malaysia). Bapak-bapak dan ibu-ibu di Rektorat Universitas Islam Indonesia, Rektor UII, Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D dan jajarannya, kepada Bu Pangesti Rahman, S.E (bu Esty) dan Mas Parwanto terima kasih atas kesabarannya dalam membantu penyelesaian berkas kenaikan pangkat jabatan fungsional dan akademik.

Ucapan terimakasih kepada teman-teman di Program Studi Kimia Program Sarjana: Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D., Prof. Dr. Is Fatimah S.Si., M.Si, Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si., Gani Purwiandono, S.Si., M.Sc., Ph.D., Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si., M.Si., Nurcahyo Iman Prakoso, S.Si., M.Sc. Ph.D., Prof, Rudy Syah Putra, S.Si., M.Si., Ph. D., Dr. Noor Fitri, M.Si., untuk Om Dedi dan Om cecep terimakasih atas doa dan masukkannya. Teman-taman Program Studi Statistika Program Sarjana: Prof. Akhmad Fauzy, S.Si., M.Si., Ph.D., Prof. Dr. Jaka Nugraha, S.Si., M.Si., Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si., Dr.

Atina Ahdika, S.Si., M.Si. Arum Handini Primandari, S.Pd.Si., M.Sc. Teman-teman di Program Studi Farmasi Program Sarjana: Prof. Yandi Syukri, M.Si., Apt., Dr. Farida Hayati, M.Si., Apt. Dr. Saepudin, M.Si., Apt, Ph.D., apt. Suci Hanifah, M.Si., Ph.D., Teman-teman di Program Studi Pendidikan Kimia Program Sarjana: Lina Fauzi'ah, S.Pd., M.Sc., Teman-teman Program Studi Analisis Kimia Program Diploma: Kuntari, S.Si., M.Sc. Thorikul Huda, MS.c. serta semua staf atau tenaga kependidikan FMIPA.

### **Hadirin yang saya hormati**

Pada bagian terakhir dari ucapan terima kasih saya, izinkan saya mengucapkan terima kasih kepada keluarga besar Notoprajan Mas Andang Harsoyo, Mas Sigit Henriyanto, Prof. Said Djamaluddin, Mas Imram beserta keluarga.

Keluarga besar Pekanbaru adinda Misdaita, Yamamini dan kakanda Jonimar.

Ucapan terima kasih kepada keluarga kepada istri yang saya cinta dan sayangi Dra. Yuni Nustini, Mafis, Ak, Ph.D dan anak-anak yang ayah sayangi Ayunda Salsabila, S.Si., MBA., Cleverza Muhammad Syah, S.T., dan si bungsu ayah Azka Al Athar, yang telah mengisi hidup ini dengan kebahagiaan dan cinta hingga saat ini.

Ucapan terima kasih kepada bapak dan ibu mertua, Sutinah (almarhumah) dan bapak Joenoes Dirdjoatmojo yang senantiasa mendoakan kami sekeluarga.

Ucapan terimakasih utama yang saya haturkan kepada Ayahanda Aliluddin (almarhum) yang selalu memberikan motivasi-motivasi dan kata-kata indah. kamu harus maju,,

harus bangkit.. bagaikan. Membangkitkan batang terendam, Ayah akan lakukan apapun supaya kamu mau belajar... kalau Ayah mampu meraih matahari dengan tangan kanan dan bulan dengan tangan kiri, maka akan ayah berikan kepada kamu, agar kamu, terus dan terus belajar. Kepada ibunda Janewar yang tidak henti-hentinya mendoakan Ananda hingga saat ini. Doa-doa mustajab yang selalu diucapkan, yang membuat saya selalu bersemangat untuk bangkit dan terus bangkit untuk mengejar nilai-nilai hidup yang terbaik. Terima kasih amak atas doa-doa amak semoga amak di usia seratus tahun ini amak tetap diberikan kesehatan. Aamiin.

Demikian orasi ilmiah ini saya sampaikan dalam acara pengukuhan guru besar. Sekali lagi, saya mengucapkan terima kasih kepada semua hadirin atas berkenan hadir pada acara istimewa ini dengan segala kesabaran dan keikhlasannya, dan saya mohon maaf atas kesalahan dan kesilafan saya.

*Jalan-jalan beli semangka*

*Penjualnya cantik, merah pipinya.*

*kalau tuan, kalau puan ingin tau indahnya ilmu kimia  
marilah bersama saya datang ke kampus mipa*

*Bunga anggrek, bunga melati di dalam taman*

*Dijaga rapi oleh istri idaman*

*sampai sini orasi ilmiah saya sampaikan*

*kalau ada salah, kalau ada silaf mohon dimaafkan*

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

## DAFTAR PUSTAKA

- H. Ziyang, H.W. Cheng, Z. Zhongwei, Z. Yuxin, Advanced Materials and Nanotechnology for Sustainable Energy Development, Journal of Nanotechnology Volume 2015, Article ID 302149, 1 page <http://dx.doi.org/10.1155/2015/302149>.
- Buku Putih, (2010) Teknologi Material Maju, Penelitian dan Pengembangan dan Penerapan IPTEK 2005-2025, Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia ([www.ristek.go.id](http://www.ristek.go.id)).
- C. Shun-Hsyung, P. Ivan., P. V. Yu, Advanced Material, Physics, Mechanics, and Applications, ISBN 978-3-319-03749-3 (eBook), Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, DOI 10.1007/978-3-319-03749-3
- H. Mattew, DB. Melissa, M., D, Maria, G. Anisha (2021). Green Synthesis of Nanomaterials. 11, 2130. <https://doi.org/10.3390/nano11082130>.
- L. Hae-Geon. (2000). Chemical Thermodynamics for Metals and Materials. Pohang University of Science & Technology Korea. <https://doi.org/10.1142/p152>
- S. Lucía, C.Eleonora, T. Carolina, (2018), Industrial waste as a source of surface and groundwater pollution for more than half a century in a sector of the Río de la Plata coastal plain (Argentina), Chemosphere, 206, pp. 727-735, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.084>.

- Irvan, Y. Rajagukguk, H. Wahyuningsih, Y. Nabilah, (2021) The effect of industrial waste on the water quality of Padang River in the industrial area of Tebing Tinggi, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1122, 012072. doi:10.1088/1757-899X/1122/1/012072.
- E.Tang (2022) Green effect of research and development on industrial waste reduction during the production phase: Evidence from China and policy implications, Sec. Environmental health and exposome 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1000393>.
- Menteri Arifin: Transisi Energi Mutlak Diperlukan, <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak.diperlukan?lang=en>.
- ESDM Terbitkan Aturan Krisis Energi, Bakal Terjadi di RI?, (2022).<https://www.cnbcindonesia.com/news/20221117080845-4-388818/esdm-terbitkan-aturan-krisis-energi-bakal-terjadi-di-ri?page=all>.
- A. R. Nurfitri (2005) Dampak krisis energi (bahan bakar) terhadap perekonomian rakyat, *Majalah Ilmiah Ekonomi komputer*, 2(8), pp.75-79.
- Urban Wastewater Management in Indonesia, Key Principles and issues in Drafting Local Regulations. (2017) ISBN 978-92-9257-965-4 (Print), 978-92-9257-966-1 (e-ISBN) Publication Stock No. TIM168378-2 DOI: <http://dx.doi.org/10.22617/TIM168378-2>
- Alagarasi, a. (2011). Chapter1: introduction to nanomaterials. Gobi arts & science college, Chapter

- 1: introduction to nanomaterials,  
<https://www.researchgate.net/publication/259118068>.
- R. Jose Varghese, E.H.M. Sakho, S. Parani, S. Thomas, O.S. Oluwafemi, J. Wu, (2018). Introduction to nanomaterials: Synthesis and applications. *Nanomaterials for Solar Cell Applications*, 75-95. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813337-8.00003-5>
- N. Baiq, I. Kammakakam, I. W. Falath, (2021) *Nanomaterials: A review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges*, *Mater. Adv.*, 2021, 2, 1821. DOI:10.1039/d0ma00807a.
- Joudeh, N., Linke, D. Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists. *J Nanobiotechnol* 20, 262 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01477-8>.
- L.A.P. Santos, (2022) Beams Used in Medical Diagnosis, *Sensors* , 22(5), 1923; <https://doi.org/10.3390/s22051923>
- Callister, W. D. Jr. dan Rethwisch, D. G. (2009). *Materials Science and Engineering an Introduction*, Eight edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Allwar, A., Sari, L.N., Merdekawati, K. & Rubiyanto, D. (2015). Removal of Fe and Cu Ions from Patchouli Essential Oil Using ZnCl<sub>2</sub>-Activated Carbon Adsorbent Modified with Ammonia, *IOSR Journal of Applied Chemistry* 8(2).

- Allwar, A., Setyani, A., Sugesti, U., Fauzani, K. A. (2021). Physical-chemical Characterization of Nano-Zinc Oxide/Activated Carbon Composite for Phenol Removal from Aqueous Solution, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 16 (1) 2021, 136-147.
- Alorabi AQ, Hassan MS, Azizi M (2020) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-CuO-activated carbon composite as an efficient adsorbent for bromophenol blue dye removal from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(11). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.09.039>
- Allwar, A., Indriyani, N., Maulina, R. & Rahmawati, F. (2022). Hydrocracking Optimization of Palm Oil over NiMoO<sub>4</sub>/Activated Carbon Catalyst to Produce Biogasoline and Kerosine. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 17(2) 2022, 476-485.
- M. W. Rahman (2022) Mengenal Karbon Aktif, Valid News.<https://validnews.id/catatan-valid/mengenal-karbon-aktif>
- A. Allwar, M. Herawati, F. S. Wardana, A. Khoirunnisa, Z. M. Anugrah (2023) Composite of Ag<sub>2</sub>O-CuO/biochar as an adsorbent for removal of amoxicillin and paracetamol from aqueous solution. *Int J Environ Sci Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04922-9>
- Jan-Roblero J, Cruz-Maya JA (2023) Ibuprofen: Toxicology and Biodegradation of an Emerging Contaminant. *Molecules* 28(5), 2097. [https://doi: 10.3390/molecules28052097](https://doi.org/10.3390/molecules28052097).

- A. Allwar, R. Ahdiaty, R. Doong, (2022). Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-CuO/biochar Nanocomposite for Adsorption of Inorganic Anions from Aqueous Solution, *Rasayan Journal Chemistry*, 14(4), 2466-2476. <https://doi.org/10.1155/2012/936041>
- Allwar A, Maulina R, Julianto TS, Widyaningsih A.A. Hydrocracking of crude palm oil over bimetallic oxide NiO–CdO/biochar catalyst. *Bull Chem React Eng Catal.* 2022;17(2):476–85.
- A.M. Ramirez-Arias, L. Giraldo , J.C. Moreno-Pirajan. Biodiesel Synthesis: Use of Activated Carbon as Support of the Catalysts. In: Kumar S, Sani R, editors. *Biorefining of Biomass to Biofuels. Biofuel and Biorefinery Technologies.* India: Springer; Vol. 4. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-67678-4-5.



**Prof. Drs. Allwar, M.Sc. Ph.D.**

Lahir di Pekanbaru pada tanggal 2 Mei 1962. Pendidikan: TK Perwari Pekanbaru, SDN 22 Pekanbaru, SMAN I Pekanbaru, Program Strata Sarjana (S1) di Kimia FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru (1982-1987); Program Magister (S2) Kimia Anorganik di Howard University, Washington, D.C. U.S. (1992-1994); Program Doktor (S3) Kimia Lingkungan dan Material sains di Universiti Sains Malaysia (USM), Malaysia (2006-2011). RIWAYAT HIDUP

## A. Identitas Diri

1. Nama	: Prof. Drs. Allwar, M.Sc.,Ph.D
2. Tempat/tanggal Lahir	: Pekanbaru, 2 Mei 1962
3. Alamat Kantor	: Prodi Kimia, FMIPA UII, Jl. Kaliurang, Km. 14,5, Sleman, DIY Yogyakarta, 55584, Indonesia
4. Alamat Rumah	: Jl. Blotan Sono, No. 1. RT. 02, RW. 40. Blotan, Wedomartani, Ngemplak, Sleman Yogyakarta
5. Telp	: +628112525208
6. Email	: <a href="mailto:allwar@uii.ac.id">allwar@uii.ac.id</a>
7. Pekerjaan	: Dosen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
8. Matakuliah yang pernah diampu (1989-sekarang)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kimia Organik</li><li>2. Kimia Analitik</li><li>3. Kewirasahaan</li><li>4. Kimia Fisik</li><li>5. Kimia Quantum</li><li>6. Kimia Lingkungan</li><li>7. Kimia Material</li><li>8. Kimia Nanomaterial</li><li>9. Kimia Anorganik</li></ol>

	10. Kimia Koordinasi 11. Organologam dan Bioanorganik
--	--

## B. Riwayat Pendidikan

Nama Asal Pendidikan	TK	Sekolah Dasar	SEkolah Menengah Pertama	SMA	Sarjana (S1)	Magister (S2)	Doktor (S3)
Tahun	1967-1968	1968-1975	1975-1979	1979-1982	1982-187	1992-1994	2006-2011
Asal Pendidikan		SD N 22 Pekanbaru	SMP PGRI Pekanbaru	SMA N I Pekanbaru	Universitas Riau Pekanbaru, Indonesia	Howard University, Washington, D.C. US	Universita Sains Malaysia, Kalaysia
Bidang Studi		-	-	-	Ilmu kimia	Ilmu Kimia	Ilmu kimia/Material sains
Judul Penelitian		-	-	-	Konversi n-Heksan menjadi siklo heksan menggunakan	<u>Synthesis, reactions and structure of a hydroxo-bridged dinuclear Zn(II)</u>	Preparation, Characterozation and surface modification of aktivaated carbon from oil palm

					n katalis Pt/Al <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub>	<u>complex:</u> <u>Modeling the</u> <u>hydrolytic zinc</u> <u>enzymes</u>	product by physical and chemical process
Nama Pembimbing		-	-	-	Drs. Akmal Mukhtar, SU	Prof. DR. Yilma Gultneh	Assoc. Prof. Dr. Ahmad Md. Noor

### C. PEKERJAAN

NO	JABATAN	TAHUN	TEMPAT
1	Kepala Laboratorium Kimia Dasar	1890-1990	FMIPA UNRI, Pekanbaru
2	Ketua Program Studi Magister Kimia	2008-2022	FMIPA Universitas Islam Indonesia
3	Dekan FMIPA UII	2014-2018	FMIPA Universitas Islam Indonesia
4	Wakil kepala Devisi kemahasiswa Universitas	2011-2014	Rektorat, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
5	Pembantu Dekan III FMIPA UII	2000-2004	FMIPA Universitas Islam Indonesia
6	Ketua Jurusan Kimia	1998-1999	FMIPA Universitas Islam Indonesia
7	Wakil Ketua Devisi Pengabdian Kepada Masyarakat	1996-1998	DPPM Universitas Islam Indonesia

#### D. HIBAH PENELITIAN

NO	JUDUL	SKEMA	PENYELENGGARA
1	Teknologi Nanomaterial Ag <sub>2</sub> O-CuO/ Biochar untuk Pengolahan Limbah Cair Obat-Obatan	Penelitian Dasar Kompetitif Nasional (PDKN)/ Kemdikbudristek	Hibah eksternal UII Kemendikbudristek
2	Proses Hydrocracking Minyak Sawit Menjadi Fraksi Bensin Menggunakan Bimetalik Katalis Terimobilisasi Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa Sawit	PDUPT/Kemdikbudristek	Hibah eksternal UII.
3	Sintesis butanol dari limbah kulit nanas menggunakan katalis heterogen NiMoO <sub>4</sub> /rGo	Penelitian Dasar	Hibah eksternal UII Kemendikbudristek
4	Pengembangan material maju magnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -Ag <sub>2</sub> O/nanoselulosa untuk adsorpsi fotokatalitik Degradasi limbah ibuprofen Dalam larutan berair	Penelitian Dasar	Hibah eksternal UII Kemendikbudristek
5	Nanokomposit Ag <sub>2</sub> O-NiO/karbon aktif sebagai fotokatalis untuk degradasi limbah metformin, amosilin dan parasetamol	Unggulan	Hibah Internal UII

## E. HIBAH PENGABDIAN

No	Judul	Skema	Penyelenggara
1	Kolaborasi Budidaya Azolla Dan Berternak Bebek Pada Lahan Kosong Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat	Unggul	Hibah Internal DPPM-UUII
2	Berternak Bebek Dan Mentok Untuk Pemenuhan Permintaan Telur Dan Daging Di Kabupaten Sleman Di. Yogyakarta	Unggul	Hibah Internal DPPM-UUII
3	Pengolahan Limbah Tempurung Kelapa Untuk pembuatan Karbon Aktif Guna Meningkatkan kesejahteraan Desa	Unggul	Hibah Internal DPPM-UUII
4	Pengembangan Ekonomi Desa Sidowayah, Polanharjo, Klaten Berbasis Konservasi Sumberdaya Air Umbul Kemanten	Unggul	Hibah Eksternal Dikti
5	Pengolahan Limbah Kelapa Menjadi Produk Co-Pillow Dan Matras Guna Meningkatkan Kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo	Unggul	Hibah Eksternal Dikti
6	Optimalisasi Pengolahan Limbah Sabut Kelapa Menjadi Bahan Serbaguna Untuk Penciptaan Multi Produk	Unggul	Hibah Eksternal Dikti

## F. PUBLIKASI JURNAL

No	JUDUL	JENIS KARYA	PENYELENGGARA/ PENERBIT/JURNAL	NO. ISSN/ ISBN
1	Sintesis Material Anorganik	Buku Referensi	Penerbit: Universitas Islam Indonesia	ISBN:978-602-450-808-1 E-ISBN: 978-602-450-808-8
2	Hydrocracking optimization of palm oil over NiMoO <sub>4</sub> /activated carbon catalyst to produce of biogasoline and kerosine	Jurnal Internasional berputasi	De Guyter <a href="https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2022-0270/html?lang=en">https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2022-0270/html?lang=en</a>	
3	Hydrocracking of Crude Palm Oil over Bimetallic Oxide NiO-CdO/biochar Catalyst	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalyst (2023)	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalyst. <a href="https://doi.org/10.9767/bcrec.17.2.14074.476-485">https://doi.org/10.9767/bcrec.17.2.14074.476-485</a>	
4	Composite of Ag <sub>2</sub> CuO/biochar as an adsorbent for removal of amoxicillin and paracetamol from aqueous solution	International journal of Environmental Science and Technology (2023)	Springer: <a href="https://doi.org/10.1007/13762-023-04922-9">https://doi.org/10.1007/13762-023-04922-9</a> .	

5	Isotherms and kinetic studies of phenol and chlorophenol removal in aqueous solution by magnetic Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -CuO/biochar	AIP Conference Proceedings 2645, 030030 (2022)	<a href="https://doi.org/10.1063/5.0115392">https://doi.org/10.1063/5.0115392</a> Published Online: 12 December 2022	
6	Magnetic Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -CuO/Biochar Nanocomposite for Adsorption of Inorganic Anions from Aqueous Solution	Rasayan Journal of Chemistry	<a href="http://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3753_pdf.pdf">http://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3753_pdf.pdf</a>	09741496, 09760083
7	Removal of Methyl Orange from Aqueous Solution by Biochar/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Nanoparticle Composite	Journal of Engineering Science and Technology (JESTEC)	<a href="https://jestec.taylors.edu.my/Special%20Issue%20ISSTEC%202021/ISSTEC_07.pdf">https://jestec.taylors.edu.my/Special%20Issue%20ISSTEC%202021/ISSTEC_07.pdf</a>	
8	Physical-Chemical Characterization of Nano-Zinc Oxide/Activated Carbon Composite for Phenol Removal from Aqueous Solution	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalyst	<a href="https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bcrec/article/view/10282">https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bcrec/article/view/10282</a>	1978-2993
9	Synthesis and Characterization of TiO <sub>2</sub> Nanoparticles Doping on Cellulose as Adsorbent for Removal of Rhodamine B in Aqueous Solution	Jurnal Eksakta	<a href="https://jurnal.uii.ac.id/Eksakta/article/view/18353">https://jurnal.uii.ac.id/Eksakta/article/view/18353</a>	2720-9326
10	Synthesis of Photocatalyst Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -CuO/activated carbon for removal of Aniline in water	IEEE International Conference on Health, Instrumentation &	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1843224/all-proceedings">https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1843224/all-proceedings</a>	978-1-6654-4181-0

		Measurement, and Natural Sciences (InHeNce)		
11	Preparation and Characteristics of Activated Carbon from Oil Palm Shell for Removal of Iron and Copper from Patchouli Oil	International Journal of Applied Chemistry (IJAC)	Research Indian Publication <a href="https://www.ripublication.com/Volume/ijacv12n3.htm">https://www.ripublication.com/Volume/ijacv12n3.htm</a>	0973-1792
12	Removal of 2-Chlorophenol using Rice Husk Activated Carbon Prepared by ZnCl <sub>2</sub> /H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Activation	Oriental Journal of Chemistry,	<a href="http://www.orientjchem.org/category/vol33no5/">http://www.orientjchem.org/category/vol33no5/</a>	2231-5039
13	Preparation and Characteristics of Highly Microporous Activated Carbon Derived from Empty Fruit Bunch of Palm Oil Using KOH Activation	Rasayan Journal of Chemistry	<a href="https://rasayanjournal.co.in/archive-issue.php?issueid=11">https://rasayanjournal.co.in/archive-issue.php?issueid=11</a>	09741496, 09760083
14	Preparation and Characterization of Hydrothermal Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch with ZnCl <sub>2</sub> Activation for Removal of Phenol in Aqueous Solution	Asian Journal of Applied Science (AJAS)	<a href="https://scialert.net/archivedetails.php?issn=1996-3343&amp;issueno=56">https://scialert.net/archivedetails.php?issn=1996-3343&amp;issueno=56</a>	1996-3343
15	Removal of phenol and 2-chlorophenol by banana bunch activated carbon prepared by	Rasayan Journal of Chemistry	<a href="http://www.rasayanjournal.co.in/archive-issue.php?issueid=16">http://www.rasayanjournal.co.in/archive-issue.php?issueid=16</a>	ISSN: 0974-1496

	hydrothermally-assisted koh activation			
16	Removal of Cu(II) ions from aqueous solution by activated carbon produced, from banana fruit bunch (Musa paradisiaca	Desalination and Water Treatment	<a href="https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_172/172_2019_139.pdf">https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_172/172_2019_139.pdf</a>	172 (2019) 139–147
17	Porous Structures of Activated Carbons Derived from Oil Palm Empty Fruit Bunch by Phosphoric Acid Activation under Nitrogen and Carbon Dioxide"	International Journal of Research in Chemistry and Environment (IJRCE),	<a href="http://ijrce.org/uploads/20/951_pdf.pdf">http://ijrce.org/uploads/20/951_pdf.pdf</a>	
18	Removal of Fe and Cu Ions from Patchouli Essential Oil Using ZnCl <sub>2</sub> -Activated Carbon Adsorbent Modified With Ammonia	Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC),	<a href="http://www.iosrjournals.org/iosr-jac/pages/8(2)Version-1.html">http://www.iosrjournals.org/iosr-jac/pages/8(2)Version-1.html</a>	ISSN:2278-5736.
19	Characterization and Application of Activated Carbon from Oil Palm Shell Prepared By Physical Activation and Nitric Acid for the Removal of Phenol and 2-Chlorophenol	International Journal of Science and Research	<a href="https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=ART20171077">https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=ART20171077</a>	ISSN:2319-7064
20	Crude Clove Bud Oil (CBO) Quality Improvement by Bentonite Adsorption Process in Flow System	internasional berupa AIP Conference Proceedings	<a href="https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4978131">https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4978131</a>	ISBN:978-0-7354-1491-4

21	Effect of Nitric Acid Treatment on Activated Carbon Derived from Oil Palm Shell	internasional berupa AIP Conference Proceedings	<a href="https://aip.scitation.org/toc/apc/1823/1?windowStart=100&amp;size=50">https://aip.scitation.org/toc/apc/1823/1?windowStart=100&amp;size=50</a>	ISBN:978-0-7354-1491-4
22	Synthesis and Characteristics of Nanoparticle NiO onto Activated Carbon from Cinnamon	Internasional Test Engineering and Management (TEST)	<a href="http://www.testmagzine.biz/index.php/testmagzine/article/view/2898">http://www.testmagzine.biz/index.php/testmagzine/article/view/2898</a>	" ISSN: 0193 4120
23	Potential-Magnetic Composite of Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Activated Carbon from Palm Oil Shell	Internasional, Applied Mechanics and Materials	<a href="https://www.scientific.net/AMM.897.68">https://www.scientific.net/AMM.897.68</a>	ISSN: 1662-7482
24	Preparation and characterizations of activated carbon from banana fruit bunch with chemical treatments using hydrothermal processes	AIP Conference Proceedings	<a href="https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1063/5.0002794">https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1063/5.0002794</a>	ISBN:978-0-7354-1491-4,
25	Synthesis and characterization of ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /activated carbon composite from banana fruit bunch using hydrothermal method	AIP Conference Proceedings	<a href="https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0002795">https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0002795</a>	ISBN:978-0-7354-1491-4,
26	Application of nanocomposit of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /activated carbon prepared by hydrothermal process for phenol removal"	Karya Ilmiah Nasional terakreditasi atau terindks sinta 2	<a href="https://jurnal.uns.ac.id/jkpk/issue/view/3023/showToc">https://jurnal.uns.ac.id/jkpk/issue/view/3023/showToc</a>	ISSN 2503-4146
27	Improvement Of The Product And Quality Of Pogostemon Cablin Benth	Eksakta	<a href="https://journal.uii.ac.id/index.php/Eksakta/article/view/5940">https://journal.uii.ac.id/index.php/Eksakta/article/view/5940</a>	ISSN:1411-1047

--	--	--	--	--



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**