

**Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam-logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik**

**TESIS**

**Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Magister**



Oleh:

**Bambang Arianto**

**176090200111010**

**PROGRAM STUDI ILMU KIMIA**

**MINAT KIMIA ANORGANIK**

**PASCASARJANA ILMU KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2019**

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik**

Oleh:

**Bambang Arianto**

**176090200111010**

Telah dipertahankan di depan penguji

Pada tanggal 02 Juli 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

**Magister Sains dalam bidang Ilmu Kimia**

**Menyetujui**

**Komisi Pembimbing**

**Ketua**

**Anggota**

**Dr.Dra. Tutik Setianingsih, M.Si**  
**NIP. 19691222 199402 2 001**

**Barlah Rumhayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D**  
**NIP. 19740429200003 2 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi S2 Kimia**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Arie Srihardyastutie, S.Si.,M.Kes**  
**NIP.19720326 200212 2 001**

## PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam Naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila pernyataan di dalam Naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik saya telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU.No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 02 Juli 2019  
Yang Membuat Pernyataan,

Bambang Arianto  
NIM. 176090200111010

# Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik

Nama Mahasiswa : Bambang Arianto

NIM : 176090200111010

Program Studi : Kimia

Bidang Minat : Anorganik

## KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr.Dra. Tutik Setianingsih, M.Si

Anggota : Barlah Rumhayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D

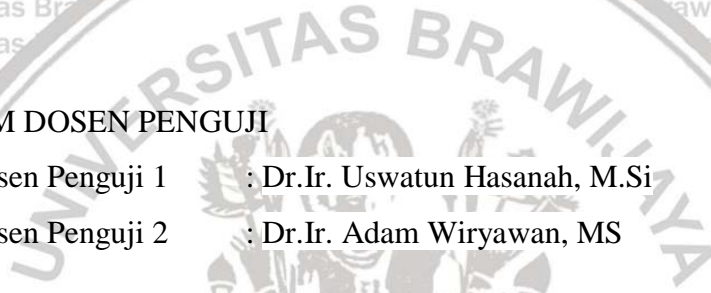
## TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr.Ir. Uswatun Hasanah, M.Si

Dosen Penguji 2 : Dr.Ir. Adam Wiryawan, MS

Tanggal Ujian : 02 Juli 2019

SK. Penguji :



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Bambang Arianto  
NIM : 176090200111010  
Tempat dan Tanggal Lahir : Madiun, 09 Oktober 1977  
Alamat di Malang : Bukit Cemara Tidar F4/2 Malang.  
Email : bambang\_chem98@yahoo.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- SDN Pagotan 1, Madiun (1987-1993)
- SMPN 1 Geger, Madiun (1993-1995)
- SMAN 1 Dolopo, Madiun (1995-1997)
- DIII Analis Kimia, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang (1998-2001)
- S1 Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang (2003-2005)
- S2 Program Studi Ilmu Kimia, Kekhususan Anorganik, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya Malang (2017-2019).

### KONFEREN DAN PUBLIKASI

- Presentasi Oral berjudul “**Modification of Activated Carbon from Coconut Shell with Copper(II) Substances for Adsorption of Paracetamol Drug Pollutant**”, pada konferen : *The 9<sup>th</sup> Basic Science International Conference 2019, Recent Advance in Basic Science 4.0 Industrial Revolution (Material Science)*, Penulis : Bambang Arianto, Tutik Setianingsih, Barlah Rumhayati.
- Publikasi berjudul “**Modification of Activated Carbon from Coconut Shell Charcoal with Copper (CuCl<sub>2</sub>/AC, Cu(OH)<sub>2</sub>/AC, CuO/AC) for Adsorption of Paracetamol Contaminant**”, pada jurnal JPACR : *J. Pure App. Chem. Res.* Vol 8, No 2, 2019, pp. Published : 12 Juni 2019, Penulis : Bambang Arianto, Tutik Setianingsih, Barlah Rumhayati.

## RINGKASAN

Bambang Arianto, 176090200111010, Program Pascasarjana Universitas Brawijaya,

2018. **Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa**

**Logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik.** Ketua Komisi Pembimbing :

Dr.Dra. Tutik Setianingsih, M.Si. dan Anggota Komisi Pembimbing : Barlah

Rumhayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D.

Karbon aktif adalah bahan berpori yang dapat digunakan sebagai adsorben dari polutan organik industri, seperti parasetamol. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari sifat-sifat kimia karbon aktif yang dimodifikasi dengan logam transisi Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) [klorida, hidroksida dan oksida] dan kinerja adsorpsi dalam menghilangkan polutan obat parasetamol. Arang tempurung kelapa digunakan sebagai bahan baku. Karbon aktif (AC) dihasilkan dari aktivasi menggunakan aktivator KOH hingga 500°C selama 15 menit. Karbon aktif dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (6M) pada 80°C selama 3 jam. Karbon aktif teroksidasi dimodifikasi dengan FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub> dan ZnCl<sub>2</sub> untuk membentuk komposit FeCl<sub>3</sub>/AC, CuCl<sub>2</sub>/AC dan ZnCl<sub>2</sub>/AC. Komposit Fe(OH)<sub>3</sub>/AC, Cu(OH)<sub>2</sub>/AC dan Zn(OH)<sub>2</sub>/AC dibentuk dengan menambahkan larutan NaOH (5M) melalui kopresipitasi, kemudian dikalsinasi menjadi 950°C selama 5 menit untuk menghasilkan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC, CuO/AC dan ZnO/AC. Semua komposit dikarakterisasi dengan spektrofotometri FTIR dan digunakan untuk uji adsorpsi parasetamol. Adsorben yang memberikan adsorpsi parasetamol tertinggi dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X dan SEM-EDX.

Karakterisasi menggunakan spektrofotometri FTIR menunjukkan bahwa modifikasi oleh senyawa logam transisi yang berbeda memiliki pola spektrum FTIR yang berbeda, terutama yang terhubung ke kelompok fungsional -OH dan C = C. Tes adsorpsi menunjukkan komposit CuO/AC memiliki daya adsorpsi yang terbaik yaitu yaitu sebesar 25,70 mg/g dan 95,56%. Pola difraktogram sinar-X CuO/AC menunjukkan adanya struktur kristal CuO dan karbon aktif amorf. Karakterisasi SEM-EDX menunjukkan komposisi dari : C (74,53±4,65%), O (12,24±3,34%), dan Cu (13,25±1,31%). Gambar SEM CuO/AC menunjukkan beberapa pori pada permukaan karbon aktif dan partikel putih menunjukkan kristal CuO.

**Kata Kunci** : arang tempurung kelapa, Fe(III), Cu(II) dan Zn(II), modifikasi, adsorpsi

## SUMMARY

Bambang Arianto, 176090200111010, Postgraduate Program, Brawijaya University, 2018. **Modification of Activated Carbon from Coconut Shell Charcoal with Transition Metal Compounds for Adsorption of Organic Pollutants.** Supervisor: Dr.Dra. Tutik Setianingsih, M.Si. Co-supervisor : Barlah Rumhayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D

Activated carbon is a porous material which can be used as an adsorbent of industrial organic pollutant, such as paracetamol. This research was conducted to study chemical properties of activated carbons modified with Fe(III), Cu(II) and Zn(II) substances (chloride, hydroxide, oxide) and their adsorption performances in removal of paracetamol drug pollutant. Coconut shell charcoal is used as raw material. The activated carbon (AC) was produced by activation treatment using KOH activator to 500°C for 15 minutes. The activated carbon was oxidized using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (6M) at 80°C for 3 hours. The oxidized activated carbon was modified with FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub> and ZnCl<sub>2</sub> by adsorption to form FeCl<sub>3</sub>/AC, CuCl<sub>2</sub>/AC and ZnCl<sub>2</sub>/AC. The Fe(OH)<sub>3</sub>/AC, Cu(OH)<sub>2</sub>/AC and Zn(OH)<sub>2</sub>/AC was formed by adding NaOH solution (5M) through coprecipitation, then finally calcinated to 950°C for 5 minutes to produce Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC, CuO/AC and ZnO/AC. All composites were characterized with FTIR spectrophotometry and used for adsorption test of paracetamol. The adsorbent which gave the highest adsorption of paracetamol was characterized using X-ray diffraction and SEM-EDX. Characterization using FTIR spectrophotometry showed that modification by with transition metal compounds Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) substances (chloride, hydroxide, oxide) substances had the different patterns of FTIR spectra, especially connected to fungsional groups of -OH and C=C. The adsorption test showed that CuO / AC composites had the best adsorption power, that is equal to 25.70 mg / g and 95.56%. X-ray diffractogram pattern of CuO/AC indicated existence of CuO crystal stucture and amorf activated carbon. SEM-EDX characterization confirmed content of C (74.53 ± 4.65 %), O (12.24 ± 3.34 %), and Cu (13.25 ± 1.31 %). SEM image of CuO/AC showed some holes on the activated carbon surface and white particles indicated the CuO crystal.

**Key words** : coconut shell charcoal, Fe(III), Cu(II) and Zn(II) substances, modification, adsorption

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang mengatur segala urusan manusia dan atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis “Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik”.

Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW. Selama penyusunan tesis ini, penulis selalu menghadapi halangan dan rintangan karena keterbatasan pengetahuan penulis, sehingga dalam penulisannya penulis banyak melibatkan banyak pihak. Terutama dosen pembimbing yang sangat banyak memberikan masukan dan koreksi terhadap penulisan tesis. Oleh karena itu, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr.Dra. Tutik Setianingsih, M.Si. selaku pembimbing pertama yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan semangat kepada penulis.
2. Barlah Rumhayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D. selaku pembimbing kedua yang selalu memberikan saran dan dukungan untuk perbaikan naskah menjadi lebih sempurna.
3. Dr.Ir. Uswatun Hasanah, M.Si. dan Dr.Ir. Adam Wiryawan, MS. selaku dosen penguji tesis. Atas masukan, kritik dan saran telah memberi banyak pengetahuan baru untuk meningkatkan kualitas dan kredibilitas peneliti.
4. Keluarga tercinta Ema Kusumaningrum (Istri), Azalea Salsabila AP (Anak-1), Shazia Syahira AP (Anak-2) dan Elzico Rafanda Abrilia (Anak-3) atas doa dan motivasinya.
5. Kedua Orang Tua Djarot (Ayah) Satun (Ibu) dan semua saudara kandung 9 keluarga atas semua dukungannya.



6. Teman seangkatan kimia UB 2017-2018, terima kasih atas bantuannya dan kerja sama selama perkuliahan dan penelitian berlangsung.

Keberhasilan atas penelitian tidak lepas dari jasa dari nama maupun instansi yang disebutkan diatas sehingga masalah maupun kekurangan dapat diatasi dengan maksimal. Namun tidak ada gading yang tak retak, masih banyak kekurangan dalam penelitian dan pentusunan naskah sehingga peneliti mengharapkan masukan dan saran pembaca untuk meningkatkan kualitas penelitian kami.

Malang, 02 Juli, 2019

Penulis



DAFTAR ISI

Teks	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS</b> .....	i
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS</b> .....	ii
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG</b> .....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Karbon Aktif .....	5
2.2. Aktivasi Karbon .....	6
2.3 Fungsionalisasi Karbon Aktif dengan Oksidasi .....	7
2.4. Modifikasi karbon aktif dengan oksida logam transisi .....	9
2.4.1. Modifikasi karbon aktif dengan oksida logam Cu .....	9
2.4.2. Modifikasi karbon aktif dengan oksida logam Zn .....	9
2.4.3. Modifikasi karbon aktif dengan oksida logam Fe .....	10
2.5 Oksida logam transisi .....	10
2.5.1. CuO, Cu(OH) <sub>2</sub> dan CuCl <sub>2</sub> .....	10
2.5.2. ZnO, Zn(OH) <sub>2</sub> , dan ZnCl <sub>2</sub> .....	11
2.5.3. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> dan FeCl <sub>3</sub> .....	12
2.6 Adsorpsi .....	13
2.7 Paracetamol .....	14
2.8 Karakterisasi Produk .....	15
2.8.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	15
2.8.2 Spektrofotometri <i>Fourier Transform-Infrared</i> (FT-IR) .....	17
2.8.3 Spektrofotometer <i>Ultraviolet Visible</i> (UV-Vis) .....	20
2.8.4 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	21
2.9 Pengaruh Impregnasi Terhadap Permukaan Karbon Aktif .....	22
<b>BAB III KONSEP PENELITIAN</b>	
3.1. Kerangka Konsep .....	25
3.2. Kerangka Operasional .....	26





3.3. Hipotesis.....	26
---------------------	----

**BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
4.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
4.3 Tahapan Penelitian.....	27
4.4 Prosedur Kerja.....	28
4.4.1 Preparasi Prekursor (Arang Tempurung Kelapa).....	28
4.4.2 Aktivasi Arang Batok Kelapa dengan KOH.....	28
4.4.3 Fungsionalisasi Karbon Aktif dengan Oksidasi.....	28
4.4.4 Pembuatan Komposit CuCl <sub>2</sub> /AC, ZnCl <sub>2</sub> /AC, dan FeCl <sub>2</sub> /AC.....	28
4.4.5 Pembuatan Komposit Cu(OH) <sub>2</sub> /AC, Zn(OH) <sub>2</sub> /AC, dan Fe(OH) <sub>3</sub> /AC.....	29
4.4.6 Pembuatan Komposit CuO/AC, ZnO/AC, dan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /AC.....	29
4.4.7 Karakterisasi Produk.....	29
4.4.7.1 Karakterisasi Produk Menggunakan FTIR.....	29
4.4.7.2 Karakterisasi Produk Menggunakan SEM-EDX.....	29
4.4.7.3 Karakterisasi Produk Menggunakan XRD.....	30
4.4.8 Analisis Konsentrasi Parasetamol menggunakan Spektrofotometri UV-Vis.....	30
4.4.8.1 Penentuan λ maksimum pada larutan parasetamol dengan spektrofotometer UV-Visible.....	30
4.4.8.2 Pembuatan Kurva Baku Parasetamol.....	30
4.4.8.3 Penentuan Konsentrasi Parasetamol Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi pada λ Maksimum.....	31
4.4.9 Uji Adsorpsi.....	31
4.4.9.1 Uji Adsorpsi Parasetamol dengan Komposit.....	31
4.4.10 Analisis Data.....	31
4.4.10.1 Rumus Penentuan Parasetamol yang Teradsorpsi.....	31

**BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

5.1 Pengaruh Jenis Logam Transisi Terhadap Gugus Fungsi Komposit.....	33
5.1.1 Impregnan Garam Klorida.....	33
5.1.2 Impregnan Garam Hidroksida.....	34
5.1.3 Impregnan Oksida Logam.....	36
5.2. Pengaruh Jenis Logam Terhadap Adsorpsi.....	37
5.3. Perubahan gugus fungsi dan nilai adsorpsi sebelum dan setelah pembentukan komposit sebelum dan setelah pembentukan komposit.....	39
5.3.1. Perubahan gugus fungsi sebelum dan setelah pembentukan komposit.....	39
5.3.2. Perubahan nilai adsorpsi sebelum dan setelah pembentukan komposit.....	40
5.4. Karakterisasi Komposit CuO/AC.....	42
5.4.1 Karakterisasi Struktur Kristal Komposit dengan XRD.....	42
5.4.2. Penentuan Komposisi Kimia Komposit dengan EDX.....	43
5.4.3. Karakterisasi morfologi permukaan komposit dengan SEM.....	44

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan.....	45
6.2 Saran.....	45

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	46
-----------------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Struktur Karbon Aktif.....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Reaksi Fungsionalisasi dengan Asam Sulfat.....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Gugus Fungsi Pada Permukaan Karbon.....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Unit Sel CuO, Cu(OH) <sub>2</sub> dan CuCl <sub>2</sub> .....	11
<b>Gambar 2.5</b>	Unit Sel ZnO, Zn(OH) <sub>2</sub> dan ZnCl <sub>2</sub> .....	12
<b>Gambar 2.6</b>	Unit Sel Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> dan FeCl <sub>3</sub> .....	12
<b>Gambar 2.7</b>	Struktur kimia parasetamol.....	15
<b>Gambar 2.8</b>	Hasil Analisis XRD AC/ZnO (merah = ZnO; biru = AC).....	16
<b>Gambar 2.9</b>	Hasil Analisis XRD CuAC.....	16
<b>Gambar 2.10</b>	Hasil Analisis analisis XRD karbon aktif (AC), Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO <sub>2</sub> dan AC/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / MnO <sub>2</sub> .....	17
<b>Gambar 2.11</b>	Bagan energy trasnsisi vibrasi.....	18
<b>Gambar 2.12</b>	Hasil Analisis FTIR Spektrum FTIR dari AC, Fe/AC.....	19
<b>Gambar 2.13</b>	Tingkat energi ikatan.....	20
<b>Gambar 2.14</b>	Spektra UV-VIS Parasetamol.....	21
<b>Gambar 2.15</b>	Hasil SEM katalis CuAC.....	21
<b>Gambar 2.16</b>	Proses Impregnasi logam ke permukaan karbon aktif.....	22
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alur Penelitian.....	25
<b>Gambar 5.1</b>	Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion klorida.....	33
<b>Gambar 5.2</b>	Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion hidroksida.....	35
<b>Gambar 5.3</b>	Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion oksida.....	36
<b>Gambar 5.4</b>	Grafik nilai qe dan % adsorpsi adsorben pada berbagai jenis logam dan berbagai jenis anion.....	37
<b>Gambar 5.5</b>	Proses adsorpsi parasetamol pada permukaan komposit.....	39
<b>Gambar 5.6</b>	Spektra Inframerah Komposit pada Berbagai Perlakuan.....	40
<b>Gambar 5.7</b>	Nilai adsorpsi adsorben arang tempurung kelapa sebelum dan setelah perlakuan.....	41
<b>Gambar 5.8</b>	Proses adsorpsi parasetamol pada permukaan karbon aktif.....	42
<b>Gambar 5.9</b>	Spektra XRD komposit CuO/AC.....	42
<b>Gambar 5.10</b>	Komposisi komposit AC/CuO dengan SEM-EDX.....	43
<b>Gambar 5.11</b>	Morfologi komposit AC/CuO dengan SEM.....	44

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 5.1</b> Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion klorida .....	34
<b>Tabel 5.2</b> Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion hidroksida.....	35
<b>Tabel 5.3</b> Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion oksida .....	37
<b>Tabel 5.4</b> Nilai Ukuran Anion .....	38
<b>Tabel 5.5</b> Nilai Muatan Efektif ( $Z/r^2$ ) .....	38
<b>Tabel 5.6</b> Interpretasi spektra inframerah komposit pada Berbagai Perlakuan....	40
<b>Tabel 5.7</b> Interpretasi spektra XRD CuO/AC.....	43
<b>Tabel 5.8</b> Komposisi komposit AC/CuO dengan SEM-EDX.....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A.</b> Preparasi Larutan .....	51
<b>Lampiran B.</b> Diagram Alur Penelitian .....	54
<b>Lampiran C.</b> Diagram Alir .....	55
<b>Lampiran D.</b> Perhitungan Data Hasil Penelitian .....	60
<b>Lampiran E.</b> Kurva Baku Parasetamol .....	67
<b>Lampiran F.</b> Data Karakterisasi FTIR .....	68
<b>Lampiran G.</b> Data Karakterisasi SEM-EDX .....	74
<b>Lampiran H.</b> Data Karakterisasi XRD Komposit CuO/AC .....	75
<b>Lampiran I.</b> Lembar Bebas Plagiasi Naskah Tesis .....	76
<b>Lampiran J.</b> Sertifikat <i>Presenter Basic</i> 2019 .....	77
<b>Lampiran K.</b> Sertifikat Pelatihan dan <i>Accepted Letter</i> jurnal JPACR .....	78



## DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/singkatan	Keterangan
%	Persentase
A	Absorbansi
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
g	Gram
g/mol	Gram per mol
mg/L	Miligram per liter
rpm	<i>Revolution per minute</i>
SEM-EDX	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan produksi obat-obatan oleh industri farmasi dan penggunaannya telah menyebabkan kesadaran internasional yang semakin meningkat pada limbah farmasi karena potensi pencemarannya [Halling-Sorensen, 1998]. Industri farmasi menjadi penyebab meningkatnya kandungan limbah farmasi dalam ekosistem perairan. Pencemaran limbah farmasi obat-obatan dapat menyebabkan respons fisiologis pada organisme dalam ekosistem, seperti akumulasi dalam jaringan, kerusakan system reproduksi, penghambatan proliferasi sel dan perubahan perilaku organisme dan menurunkan kualitas air [Escher, 2011].

Industri farmasi dapat menghasilkan limbah berwujud cair yang berasal dari proses produksi, proses pencucian alat-alat produksi, kegiatan laboratorium dan juga dari sisa produk yang berasal dari kegagalan proses. Limbah yang dihasilkan bersifat beracun dan mengandung beberapa senyawa organik dan anorganik yang terlarut [Oktem, 2008]. Salah satu limbah yang dihasilkan dari industri farmasi adalah limbah parasetamol. Parasetamol adalah senyawa yang dikenal untuk mengurangi demam dan rasa sakit. Namun, dalam jumlah yang terlalu banyak dapat berdampak buruk, seperti menimbulkan kerusakan hati dan kematian [Deegan, 2011].

Oksidasi, ozonisasi, perozonasi, fotolisis langsung, fotokatalisis  $\text{TiO}_2$ , fotokatalisis sinar matahari, reaksi fenton dan irradiasi ultrasonik adalah berbagai cara yang dapat digunakan untuk penanggulangan pencemaran air oleh parasetamol dari limbah farmasi [Deegan, 2011].

Selain berbagai metode tersebut, metode adsorpsi juga dapat diterapkan. Metode adsorpsi dengan adsorben menunjukkan potensi sebagai salah satu metode yang efisien karena lebih menguntungkan dibandingkan dengan beberapa metode lainnya, antara lain karena lebih ekonomis, efisien, dan mudah diaplikasikan [Pandey, 2015]. Adsorpsi adalah proses dimana atom, ion atau molekul dari zat seperti gas, cairan atau padatan terlarut atau adsorbat terkonsentrasi ke permukaan berpori dari suatu adsorben [Hirasaki, 2005]. Contoh material yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben adalah alumina, zeolit, karbon aktif, biomassa,



polimer dan silika gel [Tripathi, 2015]. Adsorben dari karbon aktif telah banyak dimanfaatkan dan dikembangkan, karena sifatnya yang tidak beracun, jumlahnya yang melimpah, ekonomis dan *biodegradable*. Efektivitas karbon aktif dalam menanggulangi air tercemar karena memiliki struktur berpori, memiliki luas permukaan yang besar dan adanya karbon gugus fungsional. Hal ini membuatnya mampu mendistribusikan polutan pada permukaan dengan kapasitas yang besar sehingga reaktan dapat masuk dan mengikat adsorbat [Pandey, 2015].

Karbon aktif merupakan adsorben baik karena memiliki luas permukaan yang besar dan daya adsorpsi yang cukup tinggi sehingga pemanfaatannya dapat optimal. Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar agar daya adsorpsinya juga besar [Prabowo, 2009]. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 - 3000 m<sup>2</sup>/g. Karbon aktif dapat dibuat dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon yang kemudian dapat diubah menjadi karbon aktif seperti tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara [Pandey, 2015].

Pengembangan riset dan penelitian tentang adsorben banyak dilakukan untuk meningkatkan kinerja karbon aktif sebagai adsorben. Penelitian yang dilakukan oleh Dutta. (2015) menunjukkan bahwa adsorpsi acetaminofen atau parasetamol dilakukan dengan karbon aktif, dengan daya adsorpsi sebesar 99,42 mg/g pada pH 3, konsentrasi awal : 100 mg/L, konsentrasi adsorben : 1 g/L, suhu : 30 °C, ukuran partikel : 105,5 µm dan kecepatan agitasi : 200 rpm. Pada akhir penelitian, konsentrasi acetaminofen dalam larutan adsorbat ternyata sangat rendah yaitu 0,582 mg/L [Dutta, 2015]. Komposit hasil modifikasi karbon aktif dengan garam klorida (ZnCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub> dan FeCl<sub>3</sub>) dan oksida logamnya ZnO, CuO dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk adsorpsi parasetamol [Setianingsih, 2017], komposit CuO/AC hasil oksidasi dengan peroksida untuk uji adsorpsi fenol dengan efisiensi sampai 98% terhadap limbah phenol [Liou, 2009], komposit AC/ZnO untuk adsorpsi diklorometana, triklorometana dan karbon tetraklorida dengan hasil efisiensi komposit terhadap adsorpsi carbontetrachloride 81.56% - 95.41%, chloroform 80.72%-99.4%, dichloromethane 32.24% - 85.01% [Tawfik, 2014], karbon aktif (AC) yang diimpregnasi dengan besi (FeAC) berhasil disintesis setelah dioksidasi dengan

KMnO<sub>4</sub> dan digunakan untuk adsorpsi Methylene Blue (MB) menunjukkan hasil daya adsorpsi hingga 95% (lebih tinggi dari AC) MB dalam kisaran pH 7-10 [Irfan, 2016].

Logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) memiliki muatan efektif yang berbeda sehingga memiliki perbedaan afinitas terhadap senyawa organik polar seperti paracetamol. Selain itu anion yang terikat pada kation logam (oksida, hidroksida, klorida) juga memiliki energi kisi dan kekuatan ikatan ionik yang berbeda dengan kation logam. Kedua faktor tersebut diperkirakan akan mempengaruhi adsorpsi komposit. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh jenis kation dan anion pada modifikator arang aktif terhadap adsorpsi.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jenis kation logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] pada komposit terhadap perubahan gugus fungsi permukaan komposit ?
2. Bagaimana pengaruh jenis kation logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] terhadap adsorpsi parasetamol ?
3. Bagaimana pengaruh pembentukan komposit dengan impregnan terbaik terhadap gugus fungsi permukaan komposit dan adsorpsi parasetamol ?
4. Bagaimana karakteristik komposit (komposisi kimia, struktur kristal) yang memberikan nilai adsorpsi tertinggi ?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian perumusan masalah diatas, maka penelitian ini dibatasi pada :

1. Karbon aktif dipreparasi dari arang tempurung kelapa yang dibuat di pasaran.
2. Aktivasi arang tempurung kelapa menggunakan aktivator KOH 4 M.
3. Oksidasi karbon aktif dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M.
4. Limbah organik model yang digunakan adalah paracetamol hasil preparasi.
5. Impregnan merupakan senyawa logam dengan anion klorida, hidroksida, dan oksida

#### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh jenis logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] dan jenis anion (oksida, hidroksida, klorida) terhadap gugus fungsi kimia komposit.
2. Mengetahui pengaruh jenis logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] dan jenis anion (oksida, hidroksida, klorida) terhadap jumlah paracetamol teradsorpsi oleh komposit.
3. Mengetahui pengaruh pembentukan komposit dengan impregnan terbaik terhadap gugus fungsi permukaan komposit dan adsorpsi parasetamol.
4. Mengetahui karakteristik komposit (komposisi kimia, struktur kristal) yang memberikan nilai adsorpsi tertinggi.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu metode referensi untuk preparasi komposit dari arang tempurung kelapa dan senyawa logam transisi, khususnya Fe(III), Cu(II) dan Zn(II). Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi untuk pengolahan limbah cair organik farmasi khususnya paracetamol dengan menggunakan adsorben komposit karbon – senyawa logam transisi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

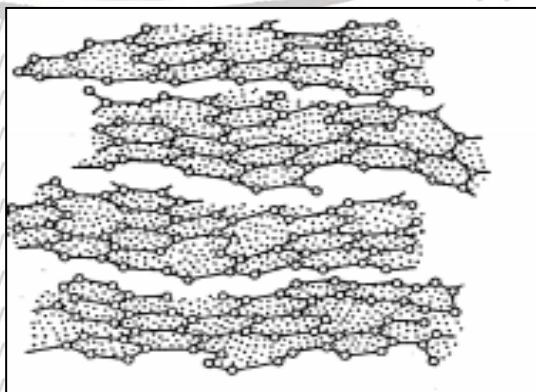
### 2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material karbon dengan jumlah pori-pori yang sangat banyak. Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar 300 – 2000 m<sup>2</sup>/g sehingga menunjukkan bahwa struktur pori internalnya besar. Struktur pori ini menjadikan celah-celah dalam karbon aktif mampu dilewati oleh molekul pada saat adsorpsi [Jankowska, 1991].

Karbon aktif diperoleh dengan cara karbonisasi. Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pirolisis dengan adanya udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon pada suhu 500–800 °C untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Pada umumnya karbonisasi dilakukan dengan *stationery oven*, *rotary oven* atau *fluidized bed oven*. Dalam proses karbonisasi pembentukan struktur pori dimulai [Jankowska, 1991].

Sifat-sifat dari hasil karbonisasi ditentukan oleh kondisi dan bahan dasarnya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kondisi karbonisasi yang sesuai yaitu : temperatur akhir yang dicapai, waktu karbonisasi, laju peningkatan temperatur dan medium dari proses karbonisasi [Jankowska, 1991].

Karbon aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon dan terutama yang memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang aktif. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi arang dengan cara fisika atau kimia [Lempang , 2014].



Gambar 2.1 Struktur Karbon Aktif [Sudibandriyo, 2003]

## 2.2 Aktivasi Karbon

Aktivasi karbon adalah suatu proses yang dilakukan untuk membuat karbon tersebut memiliki pori dan luas permukaan yang sangat besar, yang bertujuan untuk meningkatkan daya adsorpsinya [Arfan, 2006]. Pembuatan arang aktif terdapat dua cara yaitu melalui aktivasi fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan mengimpregnasi bahan dengan bahan pengaktif lalu dikarbonisasi [Arfan, 2006].

Faktor yang mempengaruhi proses aktivasi adalah waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio aktivator, dan jenis aktivator yang akan mempengaruhi daya serap arang aktif [Tawalbeh, 2005]. Efek waktu aktivasi menunjukkan angka iodine dengan waktu aktivasi lebih dari 90 menit, disamping itu yield mengalami penurunan. Hal tersebut karena adanya pelepasan bahan yang mudah menguap.

1. Efek suhu aktivasi menunjukkan adanya peningkatan angka iodine pada suhu lebih dari 800°C, tetapi sama halnya dengan waktu aktivasi, jumlah produk mengalami penurunan ketika suhu semakin tinggi.
2. Ukuran partikel meningkat lebih dari 0,69 mm menurunkan angka iodine. Penurunan ukuran partikel dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari produk yang di aktivasi, yang memudahkan proses penguapan dari partikel.
3. Disebutkan dalam penelitian (Tawalbeh, 2005) bahwa rasio impregnasi meningkat maka jumlah angka iodine dan jumlah produk juga meningkat, reagen impregnasi yang digunakan adalah KCl. Hal ini disebabkan oleh peningkatan oksidasi karena rasio impregnasi meningkat.
4. Impregnasi dengan seng klorida menunjukkan angka iodin lebih tinggi dibandingkan dengan impregnasi dengan kalium klorida dan asam pospat. Hal ini disebabkan karena reaksi karbonisasi yang kuat oleh seng klorida, selain itu juga karena seng klorida bertindak sebagai agen pendehidrasi yang dapat meningkatkan konsentrasi dari bahan karbon.

Karbon aktif banyak digunakan dalam industri dalam proses adsorpsi dan purifikasi. Beberapa jenis senyawa kimia yang biasanya digunakan untuk pembuatan karbon aktif adalah  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ,  $H_2SO_4$ , dan  $HCl$ . Masing-masing

aktivator tersebut memberikan pengaruh yang berbeda terhadap luas permukaan ataupun volume pori-pori karbon aktif yang dihasilkan [Gumelar, 2015]. Selain itu, pada penelitian (Permatasari, 2014), yaitu karakterisasi karbon aktif kulit singkong dengan beberapa jenis aktivator, seperti  $H_3PO_4$ , KOH dan NaCl.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Teng, 1999), proses aktivasi dengan menggunakan KOH menghasilkan luas permukaan karbon aktif sebesar  $3000 \text{ m}^2/\text{g}$ . Dari hasil penelitian tersebut KOH menjadi salah satu bahan aktivasi yang baik dalam pembuatan karbon aktif. KOH ditemukan lebih efektif daripada  $ZnCl_2$  dan  $H_3PO_4$  dalam menghasilkan porositas pada karbon.

Proses aktivasi dengan menggunakan aktivator KOH ditunjukkan oleh reaksi berikut [Hongo.et.al., 2008] :

1.  $4 \text{ KOH} + \text{C} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{O} + 2 \text{ H}_2$
2.  $2 \text{ KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{C} + \text{H}_2\text{O (uap)} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$
4.  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$
5.  $\text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3$
6.  $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{K} + \text{H}_2\text{O}$
7.  $\text{K}_2\text{O} + \text{C} \rightarrow \text{K} + \text{CO}$
8.  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ C} \rightarrow 2 \text{ K} + 3 \text{ C}$

### 2.3 Fungsionalisasi Karbon Aktif dengan Oksidasi

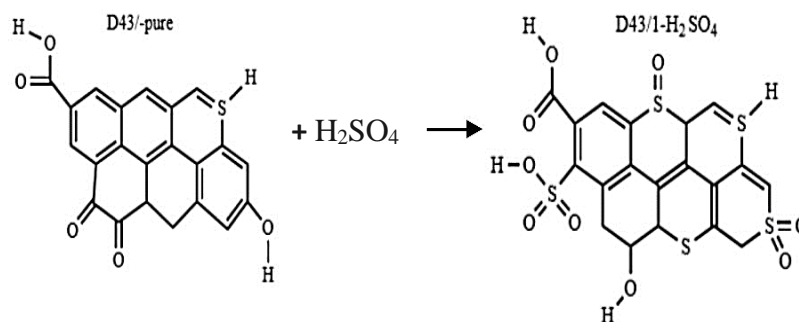
Modifikasi permukaan dilakukan untuk menambah stabilitas kimia, dispersibilitas, menyeragamkan bentuk dan ukuran sampel [Dai, 2010].

Fungsionalisasi dapat dilakukan dengan perlakuan termal, pemberian asam, sonikasi [Gercel, 2008]. Selain metode diatas fungsionalisasi karbon nanotubes dapat dilakukan dengan metode oksidasi, nonkovalen, kovalen, dll [Sahoo, 2010].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Ismanto dkk. 2010, modifikasi permukaan karbon aktif dari kulit singkong menggunakan larutan  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ , dan  $H_2O_2$ .

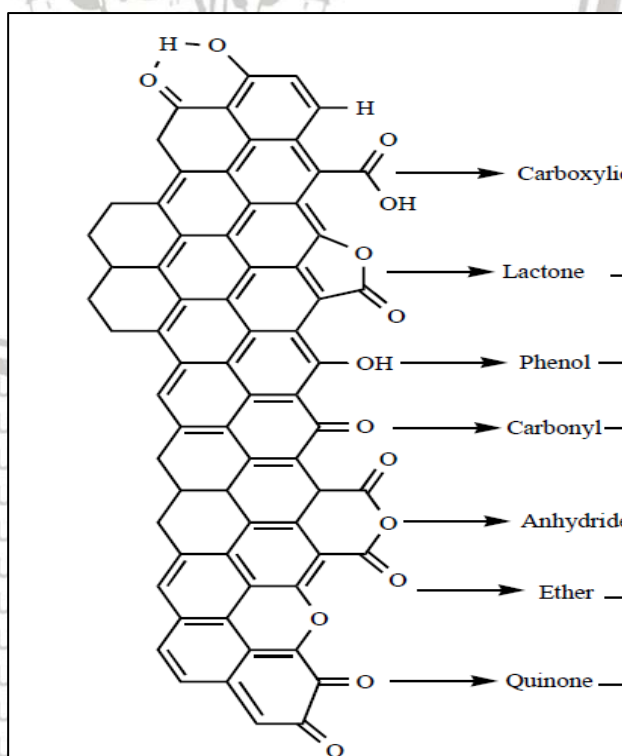
Fungsionalisasi dengan asam sulfat cukup banyak dilakukan, dapat dilakukan dengan variasi temperatur atau konsentrasi asam. Fungsionalisasi dengan asam sulfat akan menghasilkan gugus fungsi  $SO_3H^-$  [Stephenson, 2006].

Berikut adalah reaksi fungsionalisasi karbon dengan oksidasi menggunakan asam sulfat ditunjukkan oleh gambar 2.2. [Shen, 2008]



**Gambar 2.2** Reaksi Fungsionalisasi dengan Asam Sulfat [Shen et al., 2008]

Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif dan delokalisasi elektron pada struktur karbon akan menentukan karakter asam atau basa pada permukaan karbon aktif tersebut [Shafeeyan, 2010]. Modifikasi permukaan karbon aktif dengan asam sulfat menunjukkan adanya kelompok  $\text{SO}_3\text{H}$  [Hara, 2004]. Selain gugus  $\text{SO}_3\text{H}$ , karbon tersulfonasi akan menunjukkan gugus lain seperti  $\text{CO}_2\text{H}$ ,  $\text{OH}$ , dan gugus lainnya. Gambar 2.3 dibawah ini menunjukkan gugus fungsi pada permukaan karbon :



**Gambar 2.3** Gugus Fungsi Pada Permukaan Karbon [Shen et al., 2008]

## 2.4. Modifikasi karbon aktif dengan oksida logam transisi.

### 2.4.1. Modifikasi karbon aktif dengan senyawa-senyawa Cu(II)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liou (2009) sintesis komposit Cu/AC dari cangkang batok kelapa dengan menggunakan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dengan rasio impregnasi  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ /batok kelapa sebesar 0 - 1,0 mm dengan pemanasan pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 12 jam dan karbonisasi dengan aliran gas nitrogen hingga  $400^\circ\text{C}$  yang dipertahankan selama 30 menit. Komposit CuO/AC hasil oksidasi dengan peroksida untuk uji adsorpsi fenol dengan efisiensi sampai 98% terhadap limbah phenol.

Hasil karakterisasi luas permukaan dan volume mikropori sampel menunjukkan hasil bahwa luas permukaan dan volume mikropori karbon aktif menurun dengan meningkatnya kadar tembaga sampai konsentrasi 0,05 M dan kemudian hampir tetap konstan dengan semakin meningkatkan kadar tembaga. nilai-nilai SBET dari Cu/AC berada di kisaran  $670 - 436 \text{ m}^2/\text{g}$  dan secara bertahap menurun dengan meningkatnya konsentrasi impregnasi tembaga.

Kristalinitas tembaga di komposit dianalisis dengan analisis XRD bubuk menggunakan difraktometer (XRD, Rigaku D / MAX-2000) dengan radiasi Cu K ( $1,540 \text{ \AA}$ ) menunjukkan pola difraksi serbuk dari CuAC, semuanya menunjukkan puncak karakteristik CuO (Tenorite, syn, monoclinic, JCPDS # 41-254) sekitar  $35.9^\circ$ ,  $39.0^\circ$ ,  $49.1^\circ$ , dan  $61.6^\circ$ , dan ini intensitasnya meningkat dengan peningkatan konten tembaga.

Analisis SEM dan analisis EDS Cu/AC digunakan untuk menyelidiki lebih lanjut distribusi oksida tembaga dan kandungan tembaga pada permukaan karbon aktif bahwa rasio tembaga / karbon dengan analisis SEM-EDS meningkat dengan meningkatnya konsentrasi tembaga yang mengandung impregnasi.

### 2.4.2. Modifikasi karbon aktif dengan senyawa-senyawa Zn(II)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tawfik, (2015) sintesis komposit AC/ZnO dimana karbon aktif (AC) berasal dari limbah ban karet. Komposit nanopartikel oksida seng (ZnO/AC) disintesis secara kopresipitasi termal, larutan  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  yang dicampur dengan karbon aktif pada pH 8 - 9, pada suhu  $90^\circ\text{C}$  selama 6 jam, dilanjutkan kalsinasi pada  $350^\circ\text{C}$  selama 4 jam.



Karakterisasi distribusi morfologi dan ukuran komposit nanopartikel oksida seng (ZnO/AC) dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX menunjukkan nanopartikel ZnO yang homogen dan relatif seragam pada permukaan karbon aktif dan analisis EDX menunjukkan adanya tiga unsur, terutama karbon, oksigen dan seng dalam komposit, bahwa Zn memiliki dua puncak karakteristik EDX 1.012 dan 8.63 keV dengan kebutuhan minimum percepatan tegangan 5 dan 15 kV.

Spektra FT-IR dari AC, ZnO dan AC/ZnO memberikan informasi band berpusat pada  $1640\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan peningkatan dalam gugus C = C aromatik (karbonisasi). Pita serapan pada  $3400\text{ cm}^{-1}$  mewakili mode O – H sedangkan pita pada  $2900\text{ cm}^{-1}$  adalah mode C – H; pita pada  $1054\text{ cm}^{-1}$  dikaitkan dengan C-O stretching vibration. Selain band-band sebelumnya, ada band di  $490\text{ cm}^{-1}$  dikaitkan dengan mode vibrasi peregangan ZnO. Ketiadaan pita pada  $2900\text{ cm}^{-1}$  dalam AC/ZnO menunjukkan bahwa permukaan AC dipenuhi dengan nanopartikel oksida seng.

#### 2.4.3. Modifikasi karbon aktif dengan senyawa-senyawa Fe(III)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Irfan (2015), Sintesis FeAC dilakukan dengan metode sol-gel. Sebanyak 5 g AC diaduk dengan larutan 1 M  $\text{KMnO}_4$  selama 20 menit pada 200 rpm. Setelah itu, air suling ditambahkan untuk melarutkan suspensi sebelum disaring. Residu yang diperoleh kemudian dicampur dengan 1 M  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan diaduk pada pengaduk magnetik hingga 8 jam pada kecepatan yang sama. Suspensi disaring, dicuci dengan 1%  $\text{NaHCO}_3$  dan direndam dalam larutan  $\text{NaHCO}_3$  1% semalaman. Kemudian suspensi dituang, dicuci dengan air suling dan disaring lagi. Akhirnya, residu padat dikeringkan dengan udara selama 2 jam dan kemudian disimpan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  hingga 6 jam untuk pengeringan sempurna.

### 2.5 Senyawa Logam Transisi.

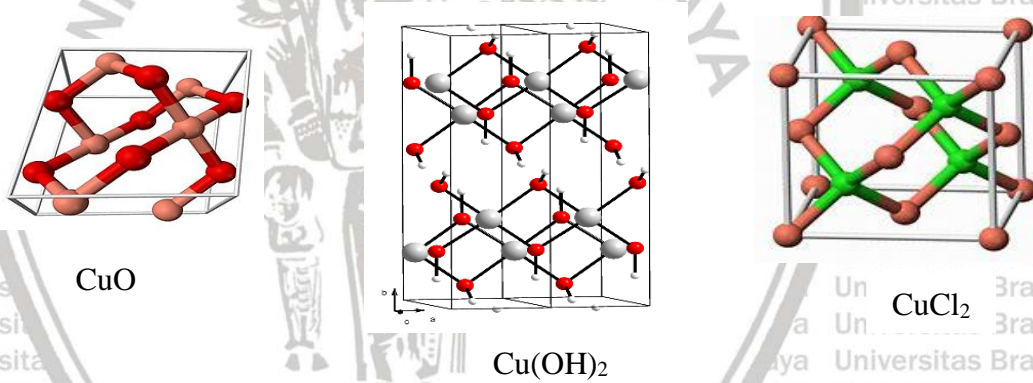
#### 2.5.1. CuO (Tembaga Oksida), $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{CuCl}_2$

Tembaga oksida umumnya ditemukan di alam dalam bentuk senyawa yaitu bijih mineral, yaitu *cuprite* ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) dan *malaconite/tenorite* ( $\text{CuO}$ ).

Tembaga(II) oksida ini memiliki struktur kristal monoklinik [Ozawa, 2004].

Ikatan CuO terbentuk oleh ikatan ion dan kovalen. Ikatan ion yang terbentuk melalui serah terima elektron, jadi ikatan ion pada CuO dapat terjadi dimana dua elektron dipindahkan dari atom Cu ke atom O sehingga menghasilkan kation ( $\text{Cu}^{2+}$ ) dan anion ( $\text{O}^{2-}$ ). Ikatan kovalen CuO pada hal ini elektron valensi dipakai bersama dan terjadinya pembagian elektron valensi.

**Gambar 2.4** Menunjukkan struktur kristal dari CuO adalah monoklinik dengan nomor grup ruang 15, parameter sel:  $a = 4,653 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,4106 \text{ \AA}$ ,  $c = 5,108 \text{ \AA}$  dan sudut  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 99,48^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$  [Ozawa, 2004]. Struktur  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  adalah *square pyramidal*. Empat jarak Cu-O dalam kisaran pesawat adalah  $1,96 \text{ \AA}$ , dan jarak Cu-O aksial adalah  $2,36 \text{ \AA}$ . Ligan hidroksida di dalam plane adalah jembatan ganda atau jembatan tiga kali lipat [H. R. Oswald, 1990]. Struktur  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  adalah oktahedral yang sangat terdistorsi, pusat Cu(II) dikelilingi oleh dua ligan air dan empat ligan klorida, yang menjembatani secara asimetris dengan pusat Cu lainnya [Wells, 1984].

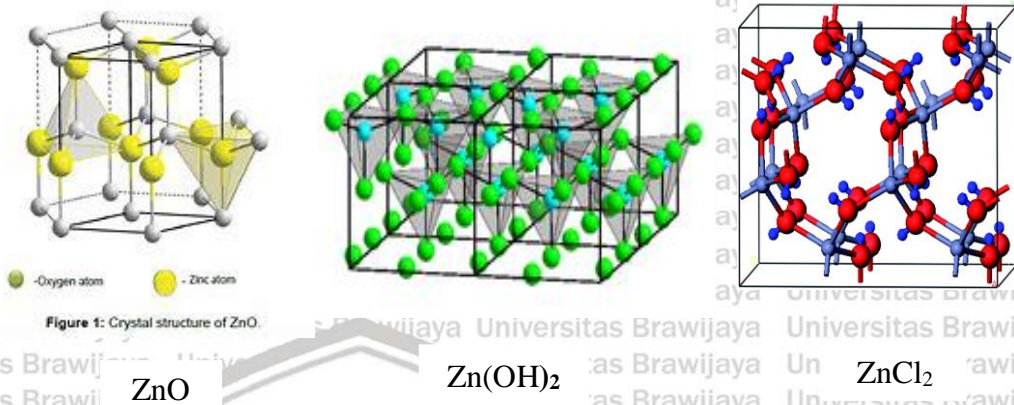


**Gambar 2.4** Unit Sel CuO,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan  $\text{CuCl}_2$  [Ozawa, 2004; Oswald, 1990; Wells, 1984]

### 2.5.2. ZnO, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , dan $\text{ZnCl}_2$

Seng oksida mengkristal dalam dua bentuk, heksagonal wurtzite dan kubik zinblende. **Gambar 2.6** Menunjukkan struktur kristal ZnO berbentuk wurtzite merupakan yang paling stabil pada kondisi ambien dan dengan demikian yang paling umum [Ozawa, 2004]. Bentuk kristal (polimorf)  $\text{ZnCl}_2$  diketahui:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , dan  $\delta$ , dan dalam setiap kasus ion  $\text{Zn}^{2+}$  dikoordinasikan secara tetrahedral dengan

empat ion klorida [Wells,1984]. Bentuk kristal zinc hydroxide  $Zn(OH)_2$  adalah ada 3 yaitu wülfingite (ortorombik), ashoverite dan sweetite (keduanya tetragonal).

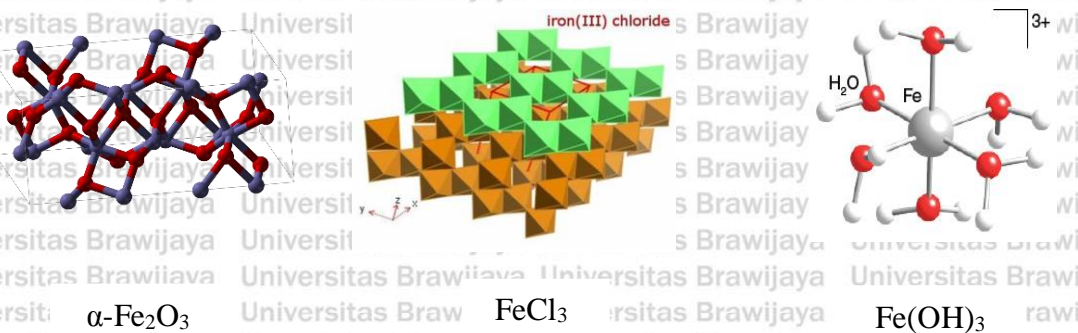


**Gambar 2.5.** Unit Sel  $ZnO$ ,  $Zn(OH)_2$ , dan  $ZnCl_2$  [Ozawa, 2004 ; Oswald, 1990; Wells,1984]

### 2.5.3. $Fe_2O_3$ , $Fe(OH)_3$ dan $FeCl_3$

Pada **Gambar 2.7** menunjukkan unit sel dari senyawa besi, terdapat 4 macam polimorf  $Fe_2O_3$ , yaitu alfa, beta, gamma, dan epsilon. Tipe  $\alpha$ - $Fe_2O_3$  mempunyai struktur *rhombohedral*, corundum ( $\alpha$ - $Fe_2O_3$ ) dan merupakan bentuk yang paling umum ditemukan [Ozawa, 2004]. Besi anhidrat (III) klorida memiliki struktur  $BiI_3$ , dengan pusat oktahedral Fe (III) saling berhubungan oleh ligan klorida dua koordinat [Hashimoto,1989].  $FeO(OH) \cdot H_2O$  sering disebut sebagai besi (III) hidroksida  $Fe(OH)_3$ , oksida besi terhidrasi, oksida besi kuning.

Struktur kristal  $\beta$ - $FeOOH$  (akaganeit) adalah struktur hollandit atau  $BaMn_8O_{16}$ . Sel satuan adalah tetragonal dengan  $a = 1,048$  dan  $c = 0,3023$  nm, dan berisi delapan unit rumus  $FeOOH$  [Mackay,1960].



**Gambar 2.6** Unit Sel  $Fe_2O_3$ ,  $Fe(OH)_3$  dan  $FeCl_3$  [Ozawa, 2004; Hashimoto,1989]

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses dimana atom, ion atau molekul dari zat (gas, cairan atau padatan terlarut) atau adsorbat terkonsentrasi ke permukaan berpori dari suatu padatan [Hirasaki, 2005]. Proses adsorpsi tersebut dapat terjadi karena terdapat gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Padatan akan cenderung menarik molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibat dari hal tersebut adalah konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada fasa zat di sekitarnya [Edward, 2012].

Adsorpsi dibagi menjadi dua, yaitu adsorpsi secara kimia dan fisika. Adsorpsi secara fisika terjadi karena adanya ikatan van der Waals dan adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia berupa ikatan kovalen atau ikatan ionik antara permukaan adsorben dan adsorbat [36]. Pada proses adsorpsi terdapat mekanisme yang menjadi dasar terjadinya kontak antara adsorbat dan adsorben. Mekanisme tersebut terjadi dalam 4 tahap, yaitu [Ho, 2000] :

1. Transportasi zat terlarut dalam larutan
2. Difusi zat terlarut melalui lapisan film dan mengelilingi bagian adsorben
3. Difusi zat terlarut ke dalam dinding pori adsorben
4. Adsorpsi dan desorpsi molekul zat terlarut di atau dari permukaan adsorben.

Adsorpsi dipengaruhi oleh parameter kimia dan fisika dari adsorben maupun adsorbat. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi [Atmoko, 2012] :

1. Agitation (Pengadukan)

Tingkat adsorpsi dikontrol oleh difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem.

2. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben semakin besar maka adsorbat yang diadsorpsi akan semakin banyak, sehingga efektivitas adsorpsi tercapai.

3. Ukuran butir

Semakin kecil ukuran butiran, maka semakin besar permukaan sehingga penyerapan adsorbat semakin banyak. Kecepatan adsorpsi ditunjukkan oleh kecepatan difusi zat terlarut ke dalam pori-pori partikel adsorben. Ukuran partikel yang baik untuk proses adsorpsi  $\pm 100/200$  mesh.

#### 4. Derajat keasaman (pH larutan)

Derajat keasaman menentukan tingkat ionisasi larutan. Keadaan pH rendah, ion  $H^+$  akan berkompetisi dengan kontaminan yang akan diserap, sehingga efisiensi penyerapan akan menurun. Proses adsorpsi biasanya berjalan baik pada pH larutan yang tinggi.

#### 5. Lama kontak

Lama kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi adsorbat akan menurun dan pada titik tertentu akan mencapai kesetimbangan hingga konstan. Rata-rata lama kontak yang baik berkisar 10 hingga 15 menit.

#### 6. Temperatur

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan temperatur dan akan turun ketika terjadi penurunan temperatur.

#### 7. Konsentrasi

Ketika konsentrasi larutan rendah, jumlah adsorbat akan sedikit yang teradsorpsi, sedangkan jika konsentrasi tinggi maka adsorbat yang teradsorpsi akan semakin banyak. Hal tersebut disebabkan frekuensi tumpukan antar partikel semakin besar.

### 2.7. Parasetamol

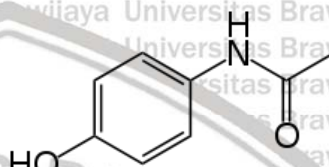
Parasetamol adalah turunan para-aminofenol atau p-aminofenol yang disintesis dari asetilasi p-aminofenol dan anhidrida asetat. Turunan p-aminofenol dihidrolisis dalam beberapa kondisi seperti suhu tinggi, suasana asam atau basa. Parasetamol merupakan salah satu obat paling populer dan dijual dalam jumlah besar.

Parasetamol atau asetaminofen adalah obat analgesik dan antipiretik yang populer dan digunakan untuk melegakan sakit kepala, sengal-sengal dan sakit ringan, serta demam. Digunakan dalam sebagian besar resep

obat analgesik selesma dan flu. Ia aman dalam dosis standar, tetapi karena mudah didapat, *overdosis* obat baik sengaja ataupun tidak sering terjadi.

Parasetamol memiliki berat molekul 151.16 dan nama kimia 4'- Hidroksiasetanilida, bentuk serbuk hablur, putih; tidak berbau; rasa sedikit pahit. Larut dalam air mendidih dan dalam natrium hidroksida 1N; mudah larut dalam etanol, kelarutan dalam air adalah 7.21 g/kg (0°C), 8.21 g/kg (5°C), 9.44 g/kg (10°C), 10.97 g/kg (15°C), 12.78 g/kg (20°C), ~14 mg/mL (20°C).

Struktur kimia paracetamol terdapat dalam Gambar 2.7.1



Gambar 2.7 Struktur kimia paracetamol [Granberg,1999]

## 2.8. Karakterisasi Produk

### 2.8.1. X-Ray Diffraction (XRD)

*X-ray Diffraction* (XRD) merupakan suatu alat yang digunakan untuk analisis struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Prinsip kerja dari XRD adalah sinar-X dari lampu tembaga (Cu) yang ditembakkan ke permukaan bidang material akan menyebabkan terjadinya interaksi antara kristal dalam atom, sehingga sinar akan diteruskan dan sebagian sinar akan terdifraksikan. Jarak antar atom pada lapisan permukaan kristal dapat ditentukan berdasarkan hukum Bragg [Williard, 1988] :

$$2 d \sin \theta = n\lambda \quad (2.1)$$

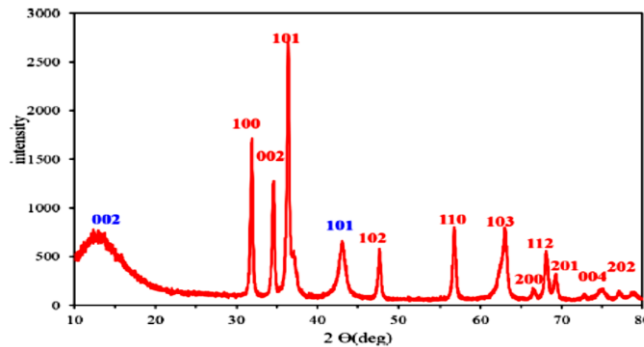
Keterangan:

d = jarak interplanar atau interatom (Å)  
 $\lambda$  = panjang gelombang logam standar (nm)  $\theta$  = kisi difraksi sinar X sudut hamburan

Identifikasi struktur menggunakan XRD dapat dilakukan dengan cara membandingkan data  $2\theta$  atau dengan nilai *d spacing* yang dibandingkan dengan data standar *Joint Committee for Powder diffraction Standard* (JCPDS) dengan minimal

3 peak yang terdiri dari peak intensitas tertinggi dan peak yang mengindeks langsung [Williard, 1988].

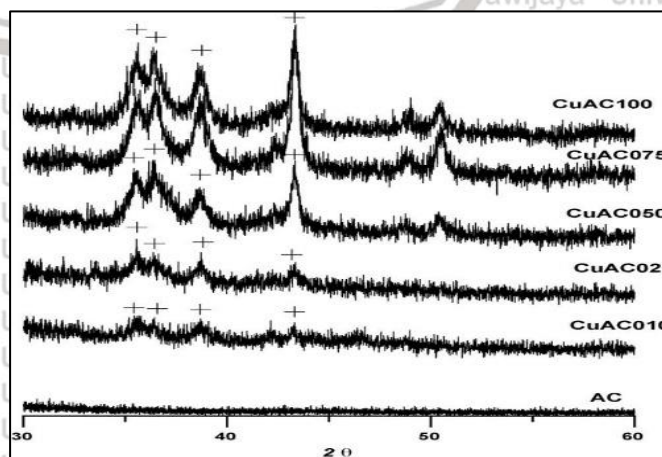
Dibawah ini diberikan contoh hasil karakterisasi komposit dengan XRD :



**Gambar 2.8** Hasil Analisis XRD ZnO/AC (merah = ZnO; biru = AC)

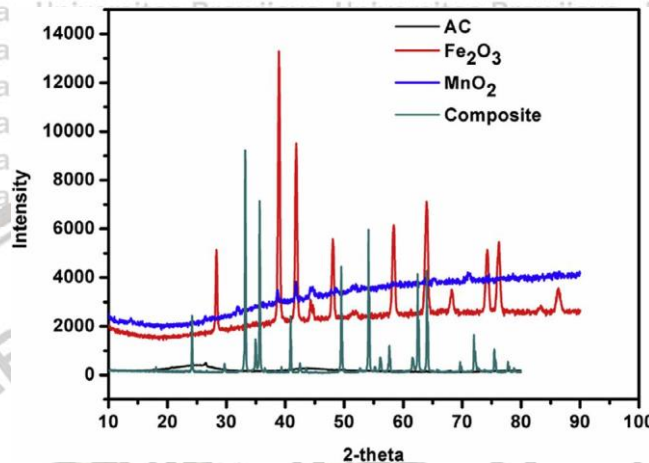
[Tawfik, dkk, 2015]

Pada gambar 2.8.1. Puncak dominan utama untuk ZnO diidentifikasi pada  $2\theta = 31.77^\circ, 34.44^\circ, 36.25^\circ, 47.53^\circ, 56.57^\circ, 62.85^\circ, 66.37^\circ, 67.92^\circ, 69.03^\circ, 77.5^\circ$  dan  $78.5^\circ$  ; yang dapat diindeks sebagai (100), (002), (101), (102), (110), (113), (200), (112), (201), (004) dan (202) [Tawfik, 2015]. Puncak yang luas diamati pada  $15^\circ$  adalah karakteristik dari refleksi karbon dua dimensi dari tumpukan lapisan turbostratik. Puncak pada sudut ( $2\theta$ )  $43^\circ$  yang terkait dengan (101) difraksi dapat digunakan untuk mengkonfirmasi struktur grafit semikristalin dari karbon aktif. Puncak ini disebabkan oleh pembentukan pori-pori oleh dekomposisi karbon di sepanjang arah struktur grafik. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan struktur amorf dominan dari karbon aktif yang berasal dari ban.



**Gambar 2.9** Hasil Analisis XRD Cu/AC [Liou, 2009]

Pola difraksi serbuk dari katalis CuAC, dalam Gbr. 2.8.2, semuanya menunjukkan puncak karakteristik CuO (Tenorite, syn, monoclinic, JCPDS # 41-254) sekitar 35.9°, 39.0°, 49.1°, dan 61.6°, dan ini intensitas meningkat dengan peningkatan konten tembaga. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tembaga yang lebih tinggi dalam persiapan katalis menyebabkan terbentuknya tingkat oksida tembaga yang lebih tinggi pada karbon aktif dalam katalis [Liou, 2009].



**Gambar 2.10** Hasil Analisis analisis XRD karbon aktif (AC),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnO}_2/\text{AC}$ [Dimpe, 2016]

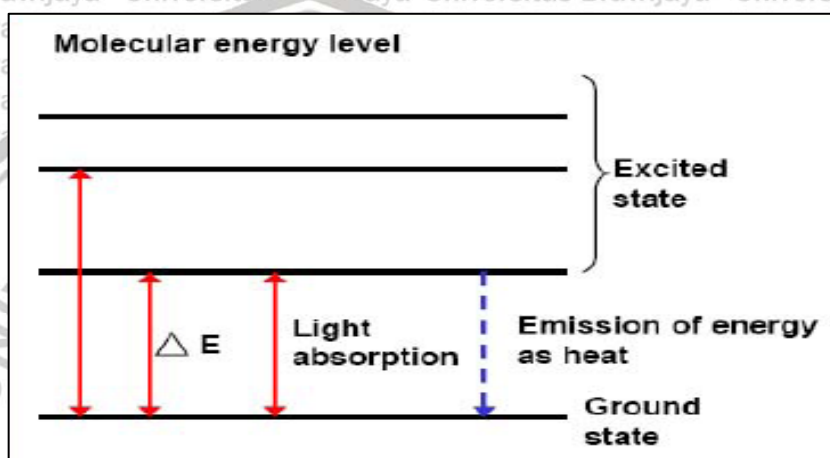
Pola difraksi sinar X pada gambar 2.8.3 menunjukkan karbon aktif (AC) memiliki struktur amorf dengan dua puncak yang luas menunjukkan kristalinitasnya dan nanokomposit  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnO}_2$  pada permukaan karbon aktif memiliki puncak kristal yang struktur berbeda untuk  $\text{MnO}_2$  memiliki bentuk kristal birnessite dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bentuk kristal magnetit.

### 2.8.2 Spektrofotometri *Fourier Transform-Infrared* (FT-IR).

Spektrofotometer FT-IR adalah salah satu instrumen yang menggunakan teknik analisis inframerah yang didasari pada vibrasi molekul ketika menyirap sinar tersebut. Prinsip kerja spektroskopi FTIR adalah adanya interaksi energy dengan materi yang menyebabkan vibrasi molekul terbaca oleh detektor pada bilangan gelombang tertentu. FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada sampel yang memiliki panjang gelombang spesifik masing-masing untuk tiap gugus, daerah bilangan gelombang yang sering digunakan rentang 4000 hingga 200  $\text{cm}^{-1}$  [Hardjono, 1994].



Atom-atom di dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergetar). Bila radiasi inframerah (IR) dilewatkan melalui suatu cuplikan maka molekul-molekulnya dapat mengabsorpsi (menyerap) energi dan terjadilah transisi di antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Pengabsorbsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh Spektrofotometer IR dengan menghubungkan jumlah radiasi yang ditransmisikan (diteruskan) melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi atau panjang gelombang radiasi. Hubungan tersebut dinamakan spektrum inframerah yang akan memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Hardjono, 1994).



Gambar 2.11. Bagan energi transisi vibrasi [Stuart, 2004]

Perubahan energi vibrasi ( $\Delta E$ ) dapat dinyatakan sebagai  $\Delta E = h\nu$  dengan  $h$  menyatakan tetapan Planck ( $6,6242 \times 10^{-27}$  ergdet) dan  $\nu$  menyatakan frekuensi dalam Hertz (Hz). Hubungan antara frekuensi dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) dinyatakan sebagai

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $2,998 \times 10^{10}$  cm det<sup>-1</sup>) dan  $\lambda$  dalam cm. jumlah gelombang per cm dinyatakan dalam bilangan gelombang ( $\nu$ ), yaitu :

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2.3)$$

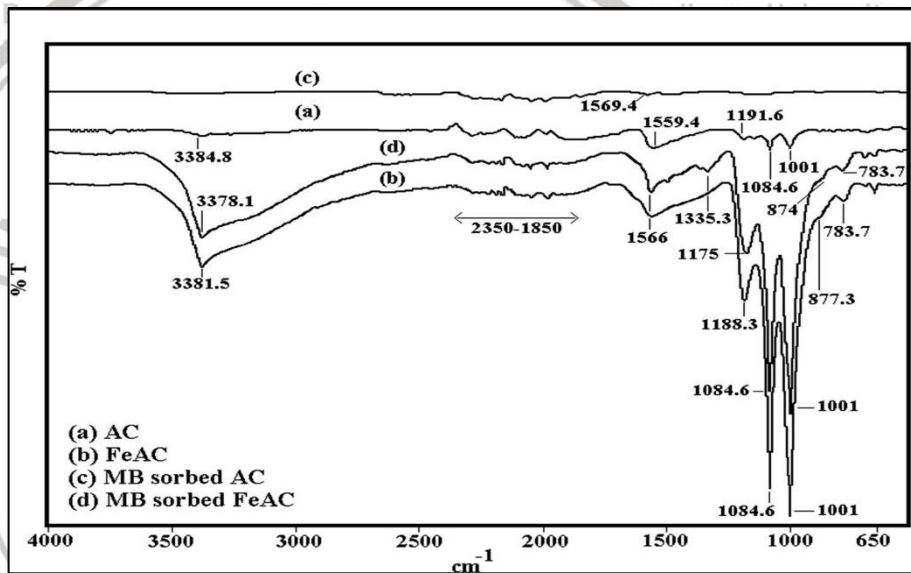
Hukum Hooke dapat membantu memperkirakan daerah di mana vibrasi dari dua atom dapat terjadi :

$$v = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{f(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}} \quad (2.4)$$

$m_1$  dan  $m_2$  masing-masing adalah massa atom 1 dan 2 dalam gram sedangkan  $f$  adalah tetapan gaya dalam dyne  $\text{cm}^{-1}$  atau  $\text{g det}^{-2}$  pemindahan bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$ ) dari penyebutnya pada massa tereduksi ( $\mu$ ) dan setelah dilakukan akar kwadratnya, memberikan persamaan (Hardjono, 1994) :

$$v = \frac{7,76 \times 10^{11}}{2\pi c} \sqrt{\frac{K}{\mu}} \quad (2.5)$$

$$\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \quad (2.6)$$



**Gambar 2.12** Hasil Analisis FTIR Spektrum FTIR dari AC, Fe/AC [Irfan, 2016].

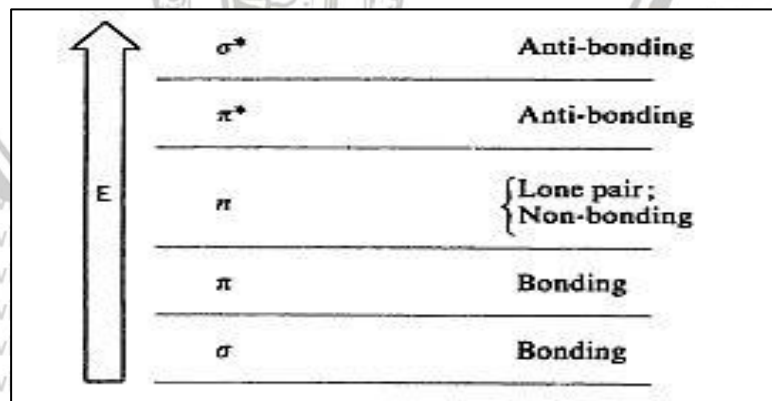
Spektra IR dari komposit AC dan FeAC dua puncak serapan karakteristik yang muncul pada 3384.8 dan 3381.5  $\text{cm}^{-1}$  dalam spektrum AC dan FeAC (sebelum adsorpsi MB) dapat ditandai dengan kadar air/air yang diserap dalam matriks sampel atau karena peregangan O – H. Setelah adsorpsi MB pada FeAC, pita serapan lemah pada 1335,3  $\text{cm}^{-1}$  yang sesuai dengan C = C dari cincin aromatik teramati. Sebelum MB adsorpsi, puncak kecil di 1191,3  $\text{cm}^{-1}$  di AC tetapi puncak yang lebih tajam pada 1188,3  $\text{cm}^{-1}$  di FeAC karena getaran peregangan C-OH terdeteksi. Puncak ini kemudian sedikit bergeser ke 1175  $\text{cm}^{-1}$  dalam FeAC setelah penyerapan MB. Dua puncak ditemukan pada 877,3 dan 783,7  $\text{cm}^{-1}$  di FeAC

sebelum penyerapan MB sedikit bergeser ke  $874\text{ cm}^{-1}$  setelah adsorpsi MB dapat dianggap berasal dari interaksi logam-oksigen yaitu,  $\alpha\text{-FeOOH}$  dan  $\text{Fe-OH}$  akan tetapi tidak ada puncak yang ditemukan dalam spektrum FTIR AC.

### 2.8.3 Spektrofotometer Ultraviolet Visible (UV-Vis)

Spektrofotometer UV-Vis adalah suatu metode pengukuran secara kuantitatif menggunakan radiasi sinar tampak yang dapat memberikan informasi mengenai struktur yang terkandung dalam sampel. Konsentrasi dari suatu sampel dalam suatu larutan dapat diketahui dengan mengukur absorbansinya pada panjang gelombang tertentu. Daerah serapan pada UV-Vis dibagi menjadi tiga yaitu UV dekat ( $185\text{--}400\text{ nm}$ ), daerah tampak ( $400\text{--}700\text{ nm}$ ), dan daerah dekat sinar inframerah ( $700\text{--}1100\text{ nm}$ ) [Stuart, 2004].

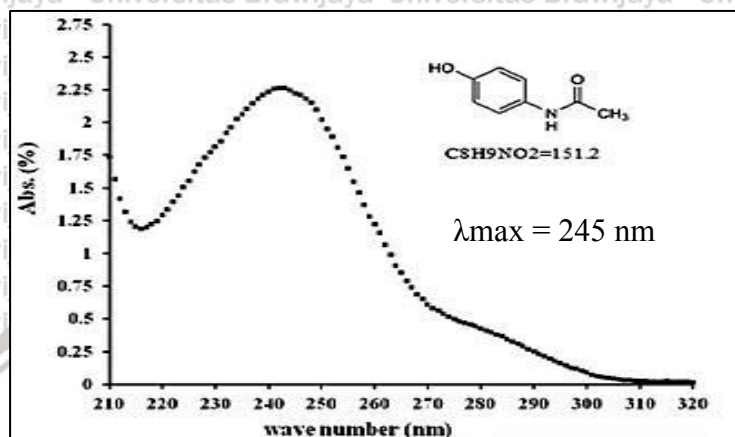
Transisi elektronik dapat terjadi pada molekul yang terkandung dalam sampel karena adanya elektron  $\sigma$ ,  $\pi$  dan  $n$ . Apabila elektron tersebut menyerap radiasi sinar yang dipancarkan oleh spektrofotometer UV-Vis, maka elektron tersebut akan tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi ( $\sigma \rightarrow \sigma^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$ , dan  $n \rightarrow \sigma^*$ ). Penambahan ikatan rangkap terkonjugasi dalam suatu senyawa dapat menggeser panjang gelombang ke arah batokromik atau hipsokromik. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah elektron yang tereksitasi [Adeeyinwo, 2013].



Gambar 2.13 Tingkat energi ikatan [Adeeyinwo, C. E., 2013].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Carlos, et al. (2014) acetaminophen atau yang biasa dikenal dengan parasetamol ini merupakan asam lemah ( $pK_a = 9,5$ ) yang menyajikan aromatik gugus hidroksil dan kelarutan dalam

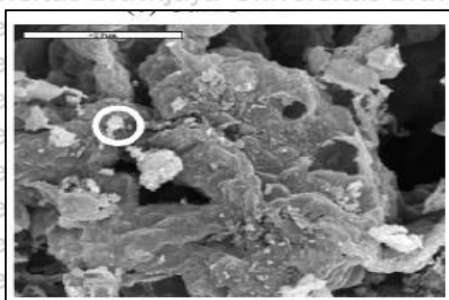
air pada suhu 20°C dari 1,4 g/100 mL. Parasetamol menunjukkan spektrofotometri UV dalam larutan asam mengacu pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{\text{max}} = 245$  nm) sebagai metode referensi. untuk hitungan. Acetaminophen di SGF (*Simulated Gastric Fluid*) yang mencapai konsentrasi 2500 mg/L pada kurva kalibrasi. Spektrum UV dapat dilihat pada Gambar 2.8 [Rey-Mafull1, 2014].



**Gambar 2.14** Spektra UV-VIS Parasetamol [Rey-Mafull1, 2014]

#### 2.8.4 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan suatu instrumen yang dapat digunakan untuk mengetahui morfologi suatu material [Abdullah, M., 2009]. Prinsip kerja dari SEM-EDX adalah sampel yang akan dikarakterisasi ditembak dengan elektron berenergi tinggi. Berkas sinar elektron yang terkena sampel akan menghasilkan elektron sekunder, yang kemudian akan dikumpulkan oleh detektor dan menghasilkan gambar topografi permukaan sampel. Peristiwa tumbukan berkas sinar electron terjadi ketika energi yang diberikan pada sampel akan menyebabkan emisi dari sinar-X yang merupakan karakteristik dari atom-atom sampel. Energi dari sinar-X dapat digunakan untuk identifikasi unsur-unsur dalam sampel [Asaka, 2004].

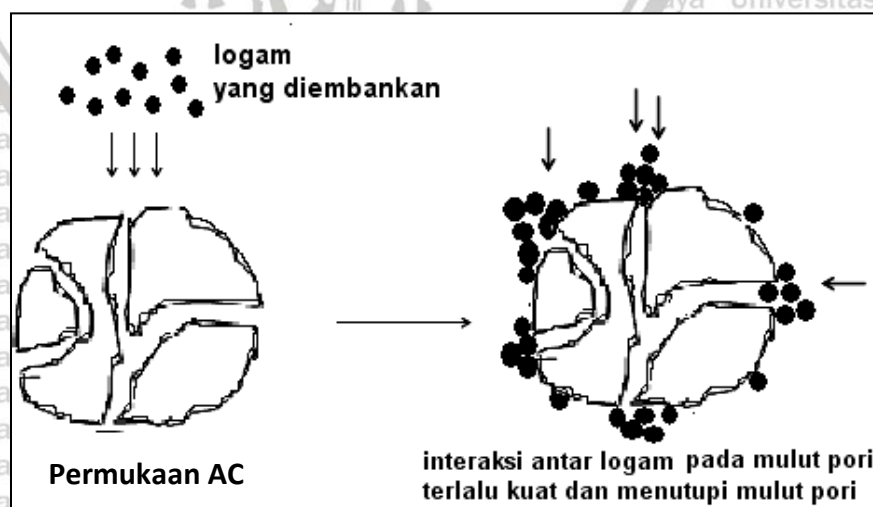


**Gambar 2.15** Hasil SEM katalis Cu/AC [Liou, 2009]

Gambar SEM pada Gambar. 2.14. menunjukkan bahwa karbonasi tidak merusak struktur serat tempurung kelapa [Liou, 2009]. konsentrasi tembaga yang lebih tinggi dalam bahan baku menyebabkan pengayaan oksida tembaga pada permukaan karbon aktif, menunjukkan bahwa pembebanan garam tembaga bertindak untuk menentukan jumlah produk oksida tembaga pada permukaan setelah karbonasi selesai. Kandungan tembaga pada permukaan karbon aktif diidentifikasi dengan analisis SEM-EDS ditemukan bahwa rasio tembaga / karbon dengan analisis SEM-EDS meningkat dengan meningkatnya konsentrasi tembaga yang mengandung impregnasi.

### 2.9 Pengaruh Impregnasi Terhadap Permukaan Karbon Aktif

Semakin meningkat konsentrasi logam aktif yang diimpregnasikan ke permukaan pengemban akan mengakibatkan penurunan luas permukaan spesifik adsorben. Fenomena ini dapat dijelaskan bahwa logam aktif yang diimpregnasikan terdistribusi tidak merata atau terakumulasi pada mulut pori (*sintering*) dan menutup mulut pori. Pada keadaan ini terjadi interaksi kohesif antara logam aktif dengan logam aktif yang lebih kuat dibanding interaksi adesif logam dengan pengemban karbon aktif. Pada keadaan ini analisis dengan menggunakan metode BET dapat memberikan informasi terjadinya penurunan luas permukaan spesifik karbon aktif (adsorben) meskipun logam yang terimpregnasikan menunjukkan peningkatan.



**Gambar 2.16** Proses Impregnasi logam ke permukaan karbon aktif [Irfan, 2015]

*Surface area* ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) dari karbon aktif AC ( $1094.05 \text{ m}^2/\text{g}$ ) mengalami penurunan setelah diimpregnasi dengan logam Fe yaitu Fe/AC ( $543.74 \text{ m}^2/\text{g}$ ) sekitar 50% dan total volume pori juga mengalami hal yang sama dari  $0.47 \text{ cm}^3/\text{g}$  menjadi  $0.23 \text{ cm}^3/\text{g}$ [Irfan, 2015].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liou (2009) sintesis komposit Cu/AC dari cangkang batok kelapa dengan menggunakan impregnan logam Cu dari  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , hasil karakterisasi luas permukaan dan volume mikropori sampel menunjukkan hasil bahwa luas permukaan dan volume mikropori karbon aktif menurun dengan meningkatnya kadar tembaga sampai konsentrasi 0,05 M dan kemudian hampir tetap konstan dengan semakin meningkatkan kadar tembaga. nilai-nilai SBET dari Cu/AC berada di kisaran  $670 - 436 \text{ m}^2/\text{g}$  dan secara bertahap menurun dengan meningkatnya konsentrasi impregnasi tembaga.



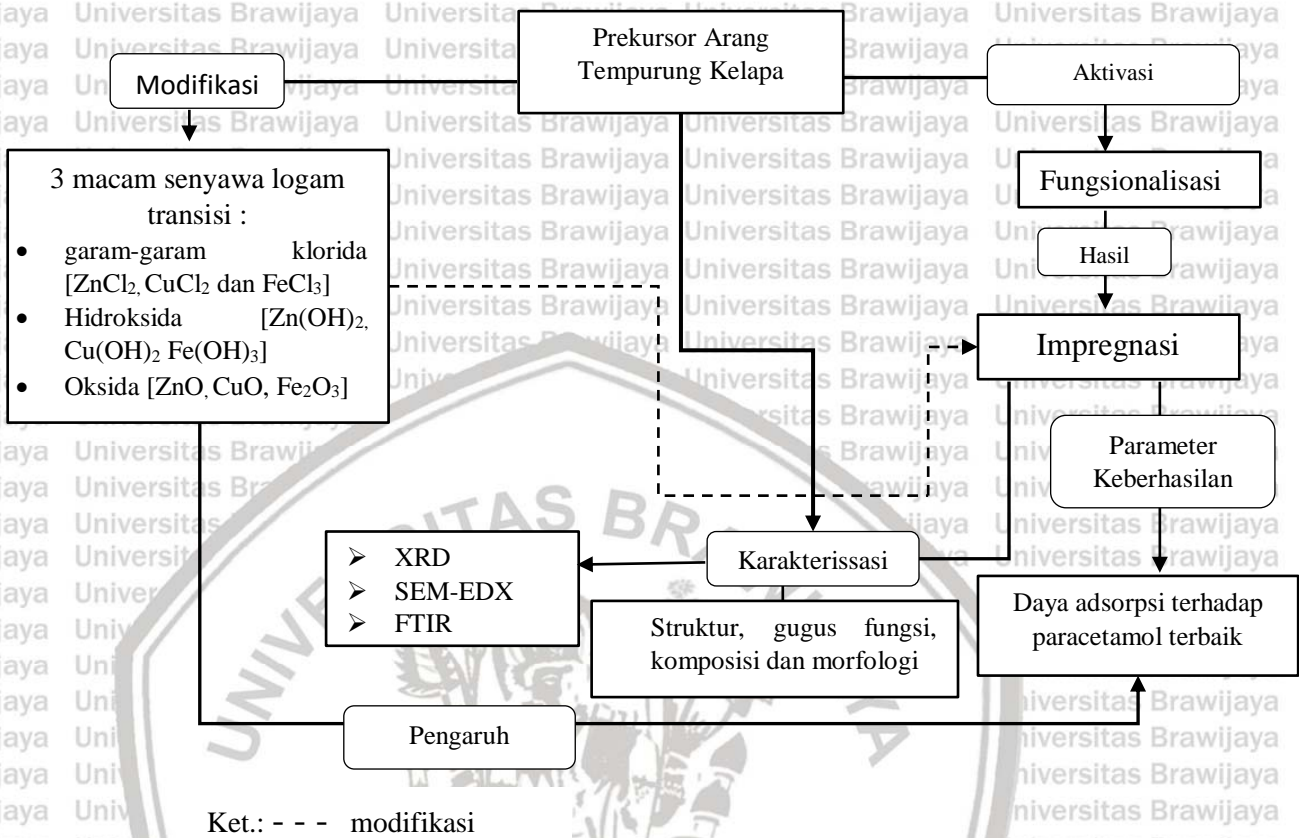
### BAB III KONSEP PENELITIAN

#### 3.1. Kerangka Konsep

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan tujuan meningkatkan kinerja karbon aktif sebagai adsorben obat-obatan. Pada penelitian ini digunakan senyawa obat parasetamol. Modifikasi karbon aktif dilakukan dengan 3 macam senyawa logam transisi, yaitu garam-garam klorida [ $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$  dan  $\text{FeCl}_3$ ], hidroksida [ $\text{Zn(OH)}_2$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$  dan  $\text{Fe(OH)}_3$ ], serta oksida [ $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ]. Kation logam transisi memiliki muatan efektif yang berbeda sehingga memiliki perbedaan afinitas terhadap senyawa organik polar seperti parasetamol. Selain itu anion yang terikat pada kation logam (oksida, hidroksida, klorida) juga memiliki kekuatan ikatan ionik yang berbeda dengan kation logam sehingga diharapkan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap afinitas kation logam transisi. Kedua faktor tersebut diperkirakan akan mempengaruhi adsorpsi karbon aktif hasil modifikasi terhadap parasetamol.

Sebelum dilakukan modifikasi dengan senyawa-senyawa logam transisi, terlebih dahulu dilakukan aktivasi arang untuk meningkatkan porositas. Setelah itu dilakukan oksidasi permukaan karbon aktif dengan asam sulfat untuk meningkatkan gugus oksida pada permukaan karbon aktif guna meningkatkan adsorpsi senyawa garam klorida pada permukaan karbon aktif. Garam klorida terimpregnasi selanjutnya diubah menjadi senyawa hidroksida dengan reaktan larutan  $\text{NaOH}$ . Senyawa hidroksida logam transisi diubah menjadi oksida logam transisi dengan cara kalsinasi.

### 3.2. Kerangka Operasional



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.

### 3.3. Hipotesis

Pada penelitian ini kation logam transisi yang digunakan adalah Fe(III), Cu(II) dan Zn(II). Ketiganya dapat membentuk senyawa ionik dengan anion klorida hidroksida, dan oksida. Ketiga senyawa memiliki kekuatan ikatan ionik yang berbeda sehingga mempengaruhi energi vibrasi ikatan masing – masing. Karena itu diajukan hipotesis I :

***Jenis kation logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] berpengaruh terhadap perubahan gugus fungsi permukaan komposit***

Ketiga kation logam transisi memiliki muatan efektif ( $Z/r^2$ ) yang berbeda sehingga memiliki perbedaan afinitas terhadap gugus polar senyawa organik



paracetamol. Berdasarkan struktur parasetamol pada Gambar 2.7.1. gugus fungsi polar pada parasetamol antara lain  $-OH$  dan  $-NH$ . Selain itu anion yang terikat pada kation logam (oksida, hidroksida, klorida) juga memiliki ukuran yang berbeda-beda, serta kekuatan ikatan ionik dengan kation logam yang berbeda, sehingga kemungkinan interaksi kimia yang berbeda-beda dengan parasetamol. Karena itu diajukan hipotesis II :

***Jenis kation logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] berpengaruh terhadap adsorpsi parasetamol***

Tambahan impregnan ( $MCl_n/M(OH)_n/M_xO_y$ ) pada permukaan karbon aktif pada prinsipnya adalah menambahkan senyawa pada permukaan karbon aktif yang dapat mempengaruhi vibrasi ikatan pada komposit dan adsorpsi parasetamol.

Karena itu diajukan hipotesis III :

***Pembentukan komposit berpengaruh terhadap gugus fungsi permukaan komposit dan adsorpsi parasetamol.***

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2018 hingga Maret 2019.

### 4.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain neraca analitik, pengaduk magnetik, ayakan ukuran 30 dan 60 mesh, FT-IR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* shimadzu 8400S), *hot plate*, SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* Hitachi S-4200), Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu-1601A), XRD (*X-ray Diffraction* PANalytical Type X'Pert Pro), oven, *Furnace* (*Branstead Thermolyne* 6000), dan peralatan gelas.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang batok kelapa, KOH (Merck CAS-No : 1310-58-3), HCl 37% (Merck CAS-No : 7647-01-0), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% (Merck CAS-No : 7664-93-9), akuades, FeCl<sub>3</sub> (Merck KgaA CAS-No : 7705-08-0), ZnCl<sub>2</sub> (Merck CAS-No : 7646-85-7), CuCl<sub>2</sub> (Merck CAS-No : 7846-55-7) NaOH (Merck CAS-No : 1310-73-2), dan parasetamol (Pharmacy).

### 4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan, antara lain:

1. Preparasi Prekursor (Arang Tempurung Kelapa)
2. Aktivasi arang tempurung kelapa dengan KOH 4 M
3. Fungsionalisasi karbon aktif dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M
4. Pembuatan komposit CuCl<sub>2</sub>/AC, ZnCl<sub>2</sub>/AC, dan FeCl<sub>3</sub>/AC
5. Pembuatan komposit Cu(OH)<sub>2</sub>/AC, Zn(OH)<sub>2</sub>/AC, dan Fe(OH)<sub>3</sub>/AC
6. Pembuatan komposit CuO/AC, ZnO/AC, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC
7. Karakterisasi produk dengan FT-IR, SEM-EDX, dan XRD
8. Uji adsorpsi parasetamol
9. Analisis data

## 4.4 Prosedur Kerja

### 4.4.1 Preparasi Prekursor (Arang Tempurung Kelapa)

Arang tempurung kelapa yang dibeli di pasaran sebanyak 1 kg ditumbuk dan diayak sehingga mendapatkan ukuran partikel antara 30-60 mesh.

### 4.4.2 Aktivasi Arang Batok Kelapa dengan KOH

Campuran larutan KOH 4 M sebanyak 100 mL dan arang batok kelapa sebanyak 10 g dikocok selama 2 jam pada temperatur kamar, setelah itu didekantasi, dikeringkan pada 105°C dan dikalsinasi dari suhu ruang sampai pada suhu 500°C dipertahan selama 10 menit. Setelah itu dicuci dengan larutan HCl 1 M dan akuades hingga filtrat memiliki pH sama dengan akuades. Produk karbon aktif dikeringkan pada 105°C selama 6 jam. Sebagian karbon aktif dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR, dan sebagian untuk pembuatan komposit.

### 4.4.3 Fungsionalisasi Karbon Aktif dengan Oksidasi

Karbon aktif disuspensikan dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M dengan perbandingan 1:10 (g/mL) dan dipanaskan 80 °C selama 3 jam. Setelah itu ditambahkan 500 mL akuades dan dikocok 24 jam untuk menghilangkan sisa asam sulfat yang tidak bereaksi. Setelah itu dicuci hingga filtrat memiliki pH 7. Karbon aktif hasil fungsionalisasi dikeringkan pada 70 °C selama 1 malam.

### 4.4.4 Pembuatan Komposit CuCl<sub>2</sub>/AC, ZnCl<sub>2</sub>/AC, dan FeCl<sub>2</sub>/AC

Prosedur mengacu pada Hongo (2008) dengan mengganti garam sulfat dengan garam klorida dan Demara (2018) dengan menggunakan campuran komposit logam transisi tunggal dan arang tempurung kelapa. Pembuatan komposit CuCl<sub>2</sub>/AC dengan cara sebanyak 0,5 gram karbon aktif hasil Fungsionalisasi 4.4.3 ditambah larutan CuCl<sub>2</sub> 0,20 M sebanyak 50 mL dicampur (dikocok selama 1 jam dengan 175 rpm) dan dibagi 2 selanjutnya dikeringkan pada 70°C selama 24 jam untuk mendapatkan komposit CuCl<sub>2</sub>/AC. Komposit ZnCl<sub>2</sub>/AC dan FeCl<sub>2</sub>/AC dibuat dengan cara sama dengan komposit CuCl<sub>2</sub>/AC.

#### 4.4.5 Pembuatan Komposit $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , dan $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$

Pembuatan komposit  $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$  dengan cara larutan  $\text{CuCl}_2/\text{AC}$  hasil dari prosedur 4.4.4. Pembuatan Komposit  $\text{CuCl}_2/\text{AC}$  ditetesi dengan larutan  $\text{NaOH}$  5 M sambil diaduk hingga diperoleh pH 7. Setelah itu dipanaskan pada  $80^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Campuran disaring, dicuci dan dikeringkan pada  $70^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

Komposit  $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$  dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$  dibuat Kemudian produk dibagi 2.

#### 4.4.6 Pembuatan Komposit $\text{CuO}/\text{AC}$ , $\text{ZnO}/\text{AC}$ , dan $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{AC}$

Komposit  $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$  dikalsinasi selama 5 menit pada temperatur  $950^\circ\text{C}$ . Prosedur mengacu pada Hongo (2008) dan Demara (2018).

#### 4.4.7 Karakterisasi Produk

##### 4.4.7.1 Karakterisasi Produk Menggunakan FTIR

Komposit Hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometri inframerah. Preparasi untuk karakterisasi dilakukan dengan pembuatan pelet KBr. Pelet KBr dibuat dengan cara mencampurkan 0,5 g padatan hasil sintesis dan 0,07 g KBr. Kemudian campuran digerus, dimasukkan ke dalam *pellet press*, dan dikompresi. Selanjutnya, pelet KBr yang mengandung sampel hasil sintesis diletakkan diantara dua celah yang dilewati berkas sinar inframerah dan dibuat spektrumnya pada rentang bilangan gelombang  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ .

##### 4.4.7.2 Karakterisasi Produk Menggunakan SEM-EDX

Karakterisasi dari produk dilakukan menggunakan SEM-EDX dengan cara meletakkan sampel pada *sample holder* yang terbuat dari karbon, kemudian sampel dilapisi dengan logam Au. Selanjutnya permukaan sampel akan difoto pada perbesaran 500x, 1000x, dan 5000x. Morfologi katalis dapat diketahui melalui SEM sedangkan persebaran logam aktif pada permukaan komposit dapat diketahui menggunakan EDX. Komposit yang dikarakterisasi hanya sampel yang memiliki daya adsorpsi terhadap parasetamol yang terbaik.

#### 4.4.7.3 Karakterisasi Produk Menggunakan XRD

Produk dikarakterisasi menggunakan XRD. Spesifikasi alat yang digunakan yaitu Sumber sinar X berasal dari logam Cu dengan panjang gelombang  $\lambda$  sebesar 1,5406 Å. Sampel dianalisis pada sudut  $2\theta$  dari  $0^\circ$  sampai  $80^\circ$ .

Karakterisasi produk menggunakan metode serbuk. Sampel diletakan pada *sample holder*. Tabung X-Ray dijalankan pada 30 mA dan 40kV selanjutnya akan menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang tertentu. Sinar tersebut ditembakkan pada sampel yang akan dianalisis sehingga menghasilkan data intensitas dan sudut difraksi ( $2\theta$ ) dari masing-masing komposit. Komposit yang dikarakterisasi hanya sampel yang memiliki daya adsorpsi terhadap paracetamol yang terbaik

#### 4.4.8 Analisis Konsentrasi Parasetamol menggunakan Spektrofotometri UV-

Vis.

##### 4.4.8.1. Penentuan $\lambda$ maksimum pada larutan parasetamol dengan spektrofotometer UV-Visible

Panjang gelombang maksimum ditentukan dengan cara mengukur nilai absorbansi parasetamol 10 mg/L pada panjang gelombang antara 200-400 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible.

##### 4.4.8.2 Pembuatan Kurva Baku Parasetamol

Larutan parasetamol dibuat dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada nilai panjang gelombang maksimum. Hasil pengukuran dibuat kurva hubungan antara konsentrasi (mg/L) sebagai sumbu x dan nilai absorbansi sebagai sumbu y sehingga akan menghasilkan persamaan regresi linier yang sesuai dengan persamaan (3.1):

$$y = ax \dots \dots \dots (3.1)$$

**4.4.8.3 Penentuan Konsentrasi Parasetamol Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi pada  $\lambda$  Maksimum**

Konsentrasi larutan parasetamol (100 ppm) sebelum dan setelah proses adsorpsi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis dengan factor pengenceran (5X) yaitu sebanyak 5 ml larutan diencerkan menjadi 25 ml dalam labu ukur. Pengukuran absorbansi pada  $\lambda$  maksimum (272.5 nm) dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Visible*.

**4.4.9 Uji Adsorpsi**

**4.4.9.1 Uji Adsorpsi Parasetamol dengan Komposit.**

Prosedur mengacu pada Demara (2018) untuk uji adsorpsi, adsorben yang digunakan meliputi arang batok kelapa sebelum perlakuan, karbon aktif hasil aktivasi, fungsionalisasi, komposit  $CuCl_2/AC$ ,  $ZnCl_2/AC$ ,  $FeCl_2/AC$ ,  $Cu(OH)_2/AC$ ,  $Zn(OH)_2/AC$ ,  $Fe(OH)_3/AC$ ,  $CuO/AC$ ,  $ZnO/AC$ , dan  $Fe_2O_3/AC$ . Limbah organik model yang digunakan adalah parasetamol. Sebanyak 0,1 g adsorben ditambah dengan 25 mL larutan parasetamol 100 mg/L dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 200 rpm pada temperatur kamar selama 24 jam. Setelah itu larutan disaring dan ditentukan konsentrasi parasetamol setelah adsorpsi secara spektrofotometri UV-Vis pada  $\lambda$  maksimum (272.5 nm). Data absorbansi digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan parasetamol setelah adsorpsi dengan menggunakan persamaan kurva baku. Data konsentrasi parasetamol setelah adsorpsi dan sebelum adsorpsi digunakan untuk menentukan persen adsorpsi. Uji adsorpsi diulang 3 kali untuk tiap perlakuan.

**4.4.10 Analisis Data**

**4.4.10.1 Rumus Penentuan Parasetamol yang Teradsorpsi**

Tahap analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui limbah parasetamol yang terserap oleh komposit.

Prosentase limbah parasetamol teradsorpsi dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Parasetamol teradsorpsi} = \frac{C_0 - C_s}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

$C_0$  = konsentrasi limbah parasetamol sebelum adsorpsi (ppm)

$C_s$  = konsentrasi limbah parasetamol sesudah adsorpsi (ppm)

Selain dengan bentuk % teradsorpsi, kadar parasetamol teradsorpsi juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar parasetamol teradsorpsi} = \frac{(C_0 - C_s) \times V}{W} \text{ (mg/g)} \quad (3.3)$$

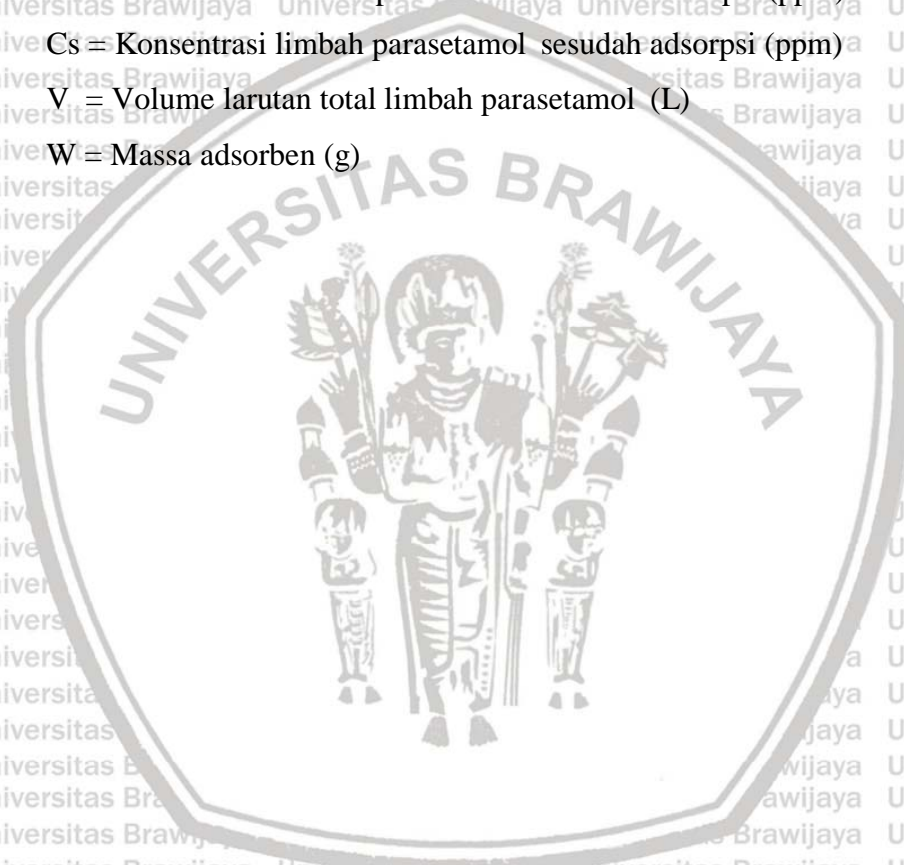
Keterangan:

$C_0$  = Konsentrasi limbah parasetamol sebelum adsorpsi (ppm)

$C_s$  = Konsentrasi limbah parasetamol sesudah adsorpsi (ppm)

$V$  = Volume larutan total limbah parasetamol (L)

$W$  = Massa adsorben (g)



## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

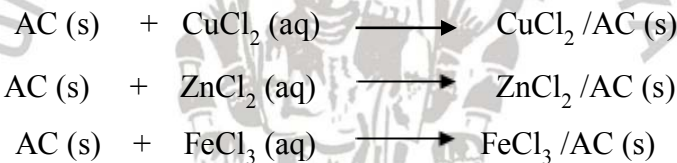
Sesuai dengan tujuan pada sub bab 1.4 guna menjawab permasalahan pada sub bab 1.2, maka telah dilakukan percobaan sesuai yang diuraikan pada bab 4. Hasil penelitian dibahas dari sub bab 5.1 hingga sub bab. 5.5

### 5.1. Pengaruh Jenis Kation Logam Transisi Terhadap Gugus Fungsi Permukaan Komposit

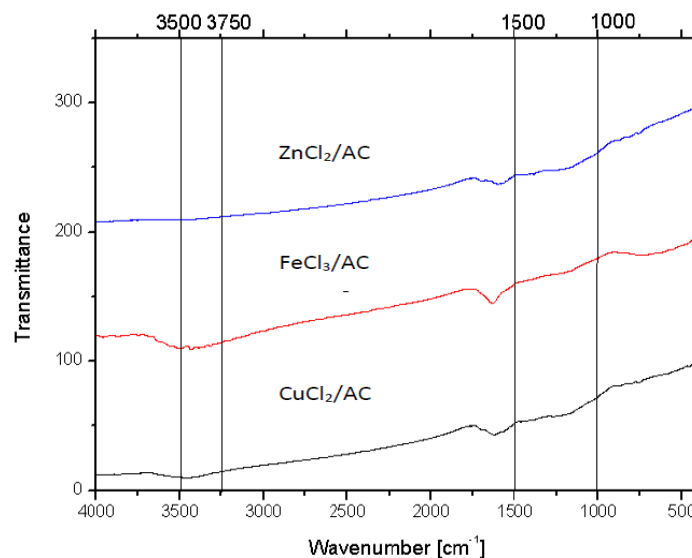
#### 5.1.1. Impregnan Garam Klorida

Karakterisasi komposit hasil sintesis dengan spektrofotometri FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi permukaan komposit serta mengetahui kemungkinan terjadinya pergeseran bilangan gelombang atau perubahan intensitas pita spektra komposit hasil preparasi pada berbagai jenis logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) dengan anion terikat klorida.

Persamaan reaksi yang terjadi pada pembentukan karbon aktif-logam klorida adalah sebagai berikut :



Berdasarkan spektra FTIR masing-masing produk pada Lampiran. F. maka diperoleh spektra FTIR gabungan pada Gambar 5.1 dengan interpretasi pada Tabel 5.1.



**Gambar 5.1** Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion klorida warna merah (FeCl<sub>3</sub>/AC), hitam (CuCl<sub>2</sub>/AC) dan biru (ZnCl<sub>2</sub>/AC).



**Tabel 5.1** Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion klorida.

Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )			Spektra Pemandang		
ZnCl <sub>2</sub> /AC	FeCl <sub>3</sub> /AC	CuCl <sub>2</sub> /AC	ν (cm <sup>-1</sup> )	Jenis	Referensi
3449,25	3446,56	3458,89	3750–3000	Regangan O-H	[25,43]
1603,50	1622,02	1620,98	1675–1500	Tekuk OH	[25]
756,81	713,48	754,88	900–400	Wagging O-H	[25]

Spektra FTIR pada **Gambar 5.1** menunjukkan Spektra FTIR diatas tidak menunjukkan adanya perbedaan diantara komposit pada berbagai impregnan logam dengan anion klorida, terkait vibrasi ikatan M-Cl, tetapi menunjukkan pita-pita spektra ikatan O-H. Berdasarkan Spektra dari semua komposit menunjukkan adanya serapan pada 3000-3500 cm<sup>-1</sup>, yaitu vibrasi regangan gugus hidroksil (ν<sub>O-H</sub>). Ikatan pada daerah 1600 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi bengkokan H-O-H. Pada bilangan gelombang pada daerah 900 dan 800 cm<sup>-1</sup> merupakan serapan terkait wagging O-H.

Ketajaman pita berbeda antara impregnan satu dengan yang lain, dimana komposit FeCl<sub>3</sub>/AC lebih tajam. Hal ini berkaitan dengan sifat higroskopisnya yang lebih banyak mengikat senyawa hidrat daripada komposit ZnCl<sub>2</sub>/AC dan CuCl<sub>2</sub>/AC yang ditunjukkan pada *peak* berwarna merah.

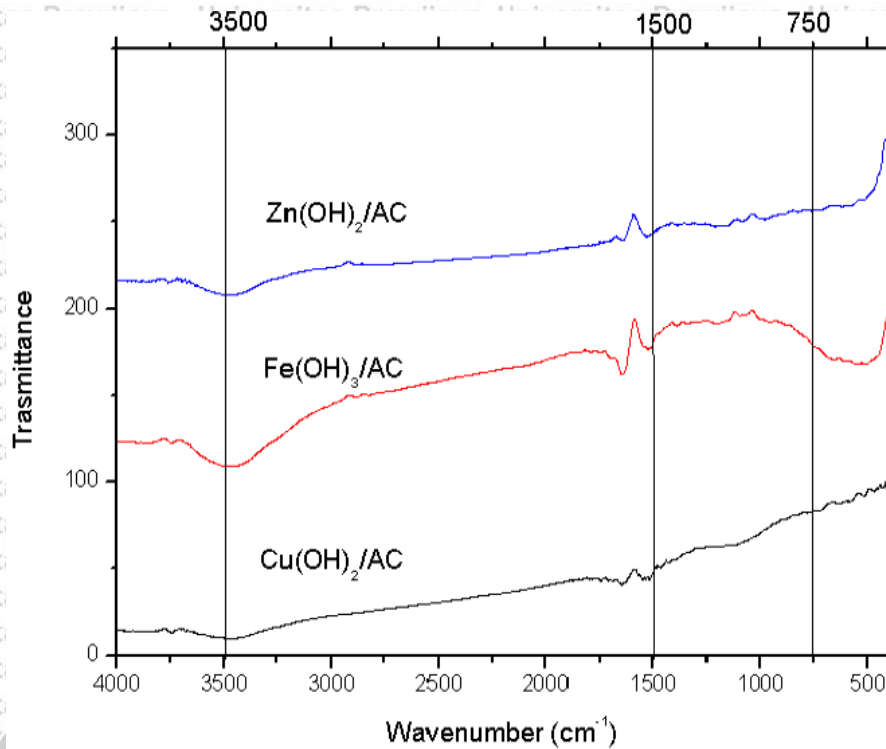
### 5.1.2 Impregnan Garam Hidroksida

Impregnasi senyawa logam hidroksida diperoleh dengan cara AC ditetesi dengan larutan NaOH 5 M sambil diaduk hingga diperoleh pH 7. Setelah itu dipanaskan pada 80°C selama 3 jam. Campuran disaring, dicuci dan dikeringkan pada 70°C selama 24 jam sehingga diperoleh komposit Cu(OH)<sub>2</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>/AC dan Fe(OH)<sub>3</sub>/AC.

Persamaan reaksi terkait pembentukan komposit karbon aktif-logam hidroksida adalah sebagai berikut :



Spektra FTIR gabungan hasil karakterisasi terdapat Gambar 5.2 berdasarkan spektrum masing-masing sampel pada Lampiran F.



**Gambar 5.2** Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion hidroksida warna merah Fe(OH)<sub>3</sub>/AC, hitam Cu(OH)<sub>2</sub>/AC dan biru Zn(OH)<sub>2</sub>/AC

**Tabel 5.2** Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion hidroksida.

Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )			Spektra Pembanding		
Zn(OH) <sub>2</sub> / AC	Fe(OH) <sub>3</sub> / AC	Cu(OH) <sub>2</sub> / AC	$\nu$ (cm <sup>-1</sup> )	Jenis	Referensi
3649,70	3448,49	3451,18	3750–3000	Regangan O-H	[25,43]
1643,24	1519,20	1647,86	1675–1500	Regangan C=O, C=C	[25]
653,82	611,39	629,51	900–400	M-O	[43]

Spektra FTIR pada **Gambar 5.2** menunjukkan Spektra FTIR diatas menunjukkan adanya kesamaan diantara komposit pada berbagai impregnan logam dengan anion hidroksida.

Spektra dari semua komposit menunjukkan adanya serapan pada 3000-3500 cm<sup>-1</sup> dengan intensitas yang lebih besar, yaitu vibrasi regangan gugus hidroksil ( $\nu_{O-H}$ ). Ikatan pada daerah 1600 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi bengkokkan H-O-H. Spektra Zn, Fe dan Cu ditunjukkan pada 400-900 cm<sup>-1</sup> yang berhubungan dengan Fe-O, Zn-O, dan Cu-O.

Ketajaman pita berbeda dimana komposit Fe(OH)<sub>3</sub>/AC mengikat molekul -OH lebih banyak daripada komposit ZnCl<sub>2</sub>/AC dan CuCl<sub>2</sub>/AC sehingga lebih tajam.

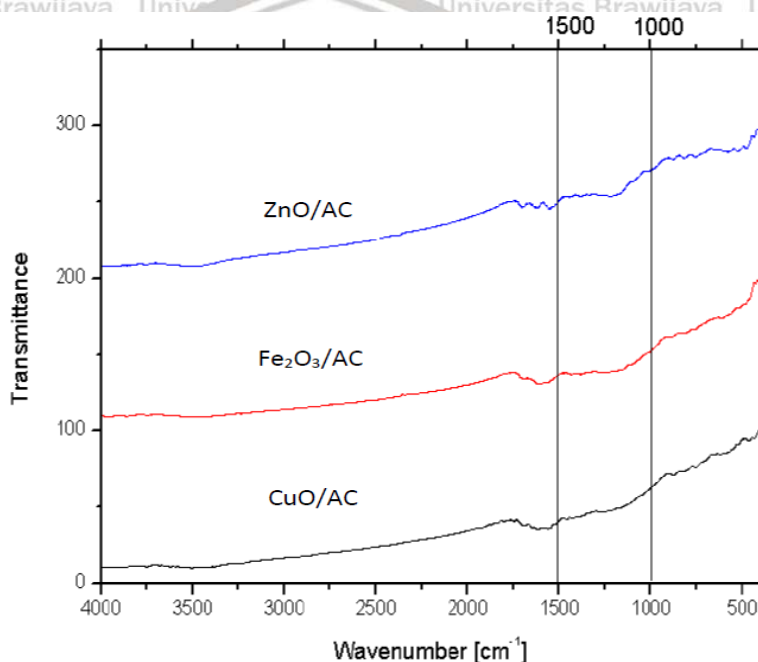
### 5.1.3 Impregnasi Oksida Logam

Impregnasi senyawa logam oksida diperoleh dengan cara komposit  $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$  dikalsinasi selama 5 menit pada temperatur  $950^\circ\text{C}$ .

Persamaan reaksi terkait pembentukan komposit karbon aktif-logam oksida adalah sebagai berikut :



Spektra FTIR hasil karakterisasi terdapat Gambar 5.3 Spektra tersebut merupakan gabungan dari spektrum masing-masing sampel pada Lampiran F.



**Gambar 5.3** Spektra FTIR karbon aktif hasil modifikasi dengan kation logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion oksida warna merah ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{AC}$ ), hitam ( $\text{CuO}/\text{AC}$ ) dan biru ( $\text{ZnO}/\text{AC}$ )

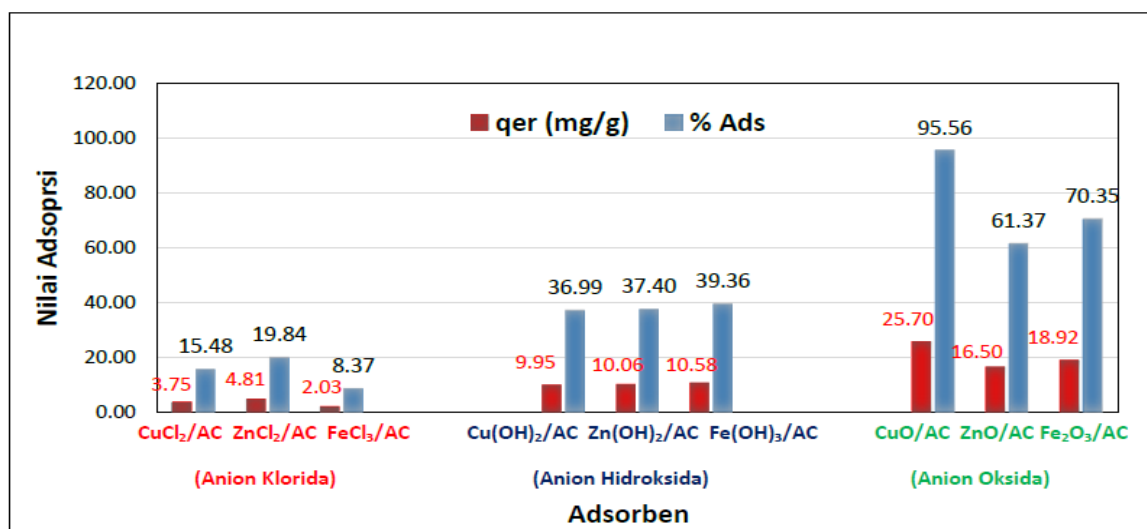
Berdasarkan **Gambar 5.3** pada komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion oksida yang telah terkalsinasi terjadi dehidrasi  $\text{H}_2\text{O}$  dan dehidroksilasi dapat dilihat dari tidak adanya pita serapan  $-\text{OH}$  pada daerah  $3400 \text{ cm}^{-1}$  yang tidak signifikan dan pada daerah  $900-400 \text{ cm}^{-1}$  ikatan M-O yang semakin meningkat ketajamannya akibat terjadi dehidroksilasi karena pemanasan. Selain itu kalsinasi menyebabkan penguapan Cl sebagai gas HCl.

**Tabel 5.3** Interpretasi spektra inframerah komposit dengan berbagai logam Fe(III), Cu(II) dan Zn(II) yang terikat pada anion oksida

Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )			Spektra Pembeding		
ZnO/AC	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /AC	CuO/AC	$\nu$ (cm <sup>-1</sup> )	Jenis	Referensi
1703,03	1693,38	1617,00	1675–1500	Regangan C=O, C=C	[25,43]
1558,38	1612,38	1563,00			
754,13	609,46	876,38	900–400	Interaksi M-O (oktahedral and tetrahedral)	[43]
582,48		752,95			
		592,97			

### 5.2. Pengaruh Jenis Logam Terhadap Adsorpsi

Pada sub bab ini dibahas hasil uji adsorpsi komposit terhadap adsorbat parasetamol. Tujuan uji adsorpsi adalah mengetahui pengaruh jenis logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] dan jenis anion (oksida, hidroksida, klorida) terhadap jumlah parasetamol teradsorpsi oleh komposit. Hasil uji adsorpsi terdapat pada Gambar 5.4 berdasarkan data absorbansi larutan parasetamol dan perhitungan pada Lampiran D.



**Gambar 5.4** Grafik nilai q<sub>e</sub> dan % adsorpsi adsorben pada berbagai jenis logam dan berbagai jenis anion.

Pada **Gambar 5.4** menunjukkan perbedaan nilai adsorpsi yang sangat berbeda dari berbagai jenis komposit yang dibentuk dari impregnasi yang berbeda. Untuk ketiga impregnasi senyawa klorida, hidroksida, dan oksida, yang paling baik menunjukkan adsorpsi adalah senyawa yang terikat oleh anion oksida. Jika dikaitkan dengan ukuran anion pada **Tabel 5.4** diketahui bahwa anion yang berbentuk oksida memiliki ukuran anion yang paling kecil

dibandingkan hidroksida dan klorida. Hal tersebut kemungkinan berpengaruh terhadap kinerja adsorben, semakin besar ukuran anion maka secara fisik akan mengurangi ruang pori sehingga dapat menurunkan adsorpsi.

**Tabel 5.4** Data ukuran Anion

Anion	Angstrom
O <sup>2-</sup>	1,40
OH <sup>-</sup>	1,60
Cl <sup>-</sup>	1,81

Sumber : University of Colorado Boulder (2013)

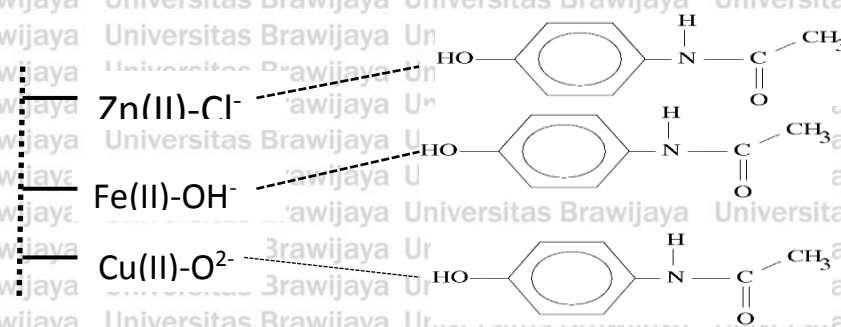
Bentuk logam oksida merupakan hasil dari kalsinasi. Kalsinasi menyebabkan terjadinya dehidrasi H<sub>2</sub>O dan dehidroksilasi serta penguapan Cl<sup>-</sup> sebagai gas HCl. Hal tersebut kemungkinan dapat menyebabkan porositas menjadi lebih besar, sehingga nilai adsorpsi meningkat. Didukung oleh penelitian Yang (2010), bahwa kalsinasi menyebabkan dekomposisi membentuk fasa oksida dan memberikan ruang pada interlayer yang semula terisi oleh anion-anion dan gugus hidroksida menjadi kosong, sehingga ruang kosong yang terdapat pada layer dapat lebih mudah terisi oleh adsorbat.

Diantara sesama oksida, nilai adsorpsi terbaik dicapai oleh adsorben CuO/AC, yaitu sebesar 25,70 ± 0,13 mg/g dan 95,56 ± 0,47 % jika dibandingkan dengan adsorben yang diimbun oleh logam Zn(II) dan Fe(III). Perbedaan muatan efektif (Z/r<sup>2</sup>) menyebabkan perbedaan afinitas terhadap senyawa organik polar parasetamol. Kation logam Cu (II) memiliki muatan efektif lebih besar daripada Zn(II) dan Fe(III) (**Tabel 5.5**) sehingga memiliki afinitas yang lebih besar terhadap parasetamol.

**Tabel 5.5** Nilai Muatan Efektif (Z/r<sup>2</sup>) kation logam transisi

Unsur	Fe(III)	Cu (II)	Zn (II)
Z	26	29	30
Jari-jari (Å)	1,25	1,28	1,34
Z/r <sup>2</sup>	16,64	17,70	16,71

Sumber : University of Colorado Boulder (2013).



**Gambar 5.5** Proses adsorpsi parasetamol pada permukaan komposit.

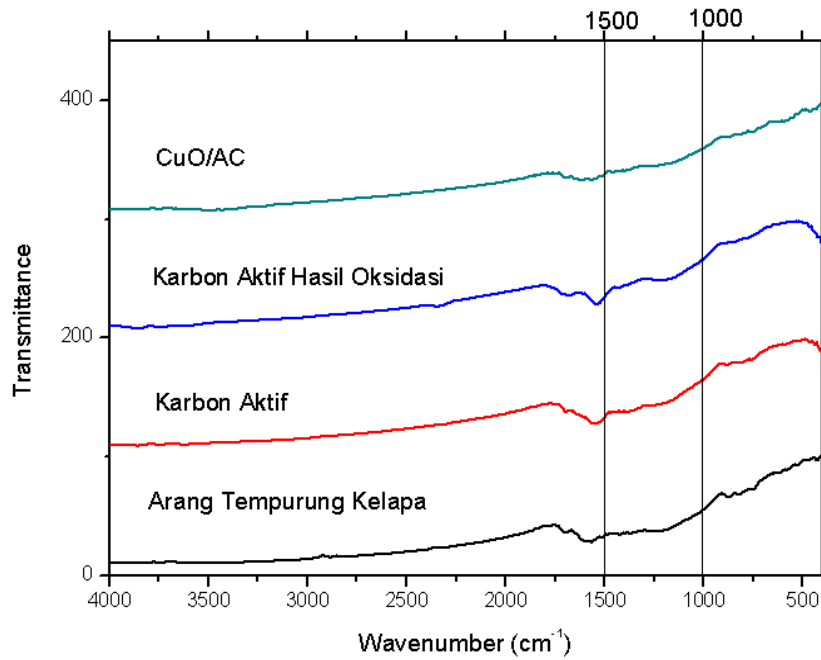
Pada **gambar 5.5** Penyerapan adsorbat parasetamol pada permukaan komposit melibatkan ikatan hydrogen pada komposit Fe(OH)<sub>2</sub>/AC dan CuO/AC, sedangkan pada komposit ZnCl<sub>2</sub>/AC terjadi penarikan dipol-dipol, kation dari logam transisi akan bertindak sebagai basa lewis.

### 5.3. Pengaruh pembentukan komposit terhadap gugus fungsi dan adsorpsi parasetamol

#### 5.3.1. Pengaruh terhadap gugus fungsi

Pada sub bab ini dibahas hasil karakterisasi gugus fungsi dari bahan baku (arang kayu) serta perlakuan bahan baku secara aktivasi kimia, oksidasi dan impregnasi dengan logam transisi. Tujuan karakterisasi gugus fungsi ini adalah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sebelum dan sesudah perlakuan. Spektra FTIR sampel terdapat pada Lampiran F dan gabungannya terdapat pada Gambar 5.5 dengan interpretasi pada Tabel 5.6.

Berdasarkan **Gambar 5.6** dan pada **Tabel 5.6** arang tempurung kelapa dan karbon aktif terdapat perbedaan gugus fungsi, yaitu munculnya serapan pada 1381,70 cm<sup>-1</sup>, yang menandakan adanya gugus C-O pada karbon aktif. Pada karbon aktif hasil oksidasi muncul serapan pada 1393,27 cm<sup>-1</sup> dan 1198,47 cm<sup>-1</sup>. Pada bilangan gelombang tersebut mengindikasikan adanya serapan COO<sup>-</sup> dan serapan S=O, gugus tersebut diperoleh dari hasil fungsionalisasi dengan asam sulfat yang membentuk gugus fungsi HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan COOH. Pada komposit CuO/AC muncul serapan pada bilangan gelombang pada daerah 900-400 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi M-O.



Gambar 5.6. Spektra Inframerah Komposit pada Berbagai Perlakuan

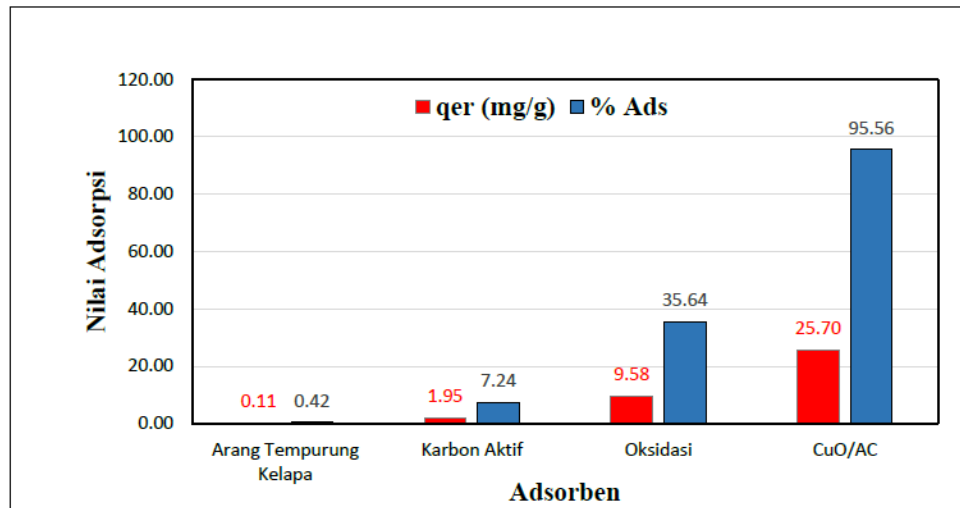
Tabel 5.6 Interpretasi spektra inframerah komposit pada Berbagai Perlakuan.

Arang Kayu	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )			Spektra Pemandang		
	Karbon Aktif	Oksidasi	CuO/ AC	$\nu$ (cm <sup>-1</sup> )	Jenis	Referensi
1694,15 1564,92	1692,22 1553,35	1686,43 1537,92	1617,00 1563,00	1675–1500	Regangan C=O, C=C	[25,43]
	1381,70	1393,27	1238,98	1390-1240	Regangan C-O	[25]
	-	1271,76	-	1260-1150	regangan S=O	[25]
		1198,47	-	1180-1140	S-O, regangan SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	[25]
872,53 822,38 754,88	880,24 814,67 758,74	-	-	-	C-H bengkokan	[25]
			876,38 752,95 592,97	900–400	Interaksi M-O	[43]

### 5.3.2. Pengaruh terhadap adsorpsi

Pada sub bab ini dibahas hasil uji adsorpsi bahan baku sebelum perlakuan dan setelah perlakuan secara aktivasi kimia, oksidasi dan impregnasi dengan logam transisi terhadap adsorbat parasetamol. Tujuan uji adsorpsi adalah mengetahui pengaruh perbedaan perlakuan

tersebut terhadap jumlah parasetamol teradsorpsi oleh komposit. Hasil uji adsorpsi terdapat pada Gambar 5.4 berdasarkan data absorbansi larutan parasetamol dan perhitungan pada Lampiran D.



**Gambar 5.7** Nilai adsorpsi adsorben arang tempurung kelapa sebelum dan setelah perlakuan

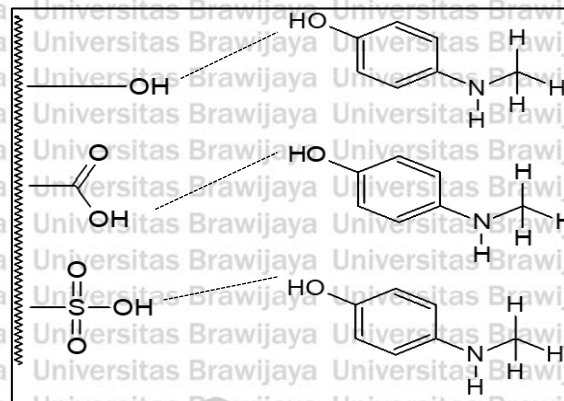
Pada **Gambar 5.7** terlihat bahwa tiap adsorben memberikan nilai adsorpsi yang berbeda. Karbon aktif hasil aktivasi dengan NaOH 5 M memberikan nilai adsorpsi lebih besar dibandingkan sebelum aktivasi terhadap parasetamol. Hal ini dikarenakan pada proses aktivasi akan membuka permukaan karbon aktif yang mula-mula tertutup oleh komponen pengotor sehingga dapat terjadi peningkatan porositas karbon aktif dan luas permukaan akan bertambah besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Teng, 1999), proses aktivasi dengan menggunakan KOH menghasilkan luas permukaan karbon aktif sebesar 3000 m<sup>2</sup>/g.

Karbon aktif hasil perlakuan oksidasi memberikan nilai adsorpsi lebih besar dibandingkan karbon aktif, hal ini bisa dijelaskan pada proses fungsionalisasi dengan oksidator asam sulfat terjadi penambahan gugus fungsi permukaan karbon aktif kelompok SO<sub>3</sub>H [Hara, 2004]. Selain gugus SO<sub>3</sub>H, karbon tersulfonasi akan menunjukkan gugus lain seperti CO<sub>2</sub>H, OH, dan gugus lainnya. Menurut Ketaren (1986), penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang meresap kedalam karbon aktif akan membuka permukaan karbon aktif yang mula-mula tertutup oleh komponen pengotor sehingga luas permukaan yang aktif akan bertambah besar, maka karbon setelah fungsionalisasi lebih banyak mengadsorpsi adsorbat parasetamol.

Komposit CuO/AC memberikan hasil adsorpsi parasetamol sebesar 25,70 ± 0,13 mg/g atau 95,56 ± 0,47% lebih besar dari pada karbon aktif hasil oksidasi, karbon aktif hasil aktivasi dan bahan baku (arang tempurung kelapa). Penambahan kation logam Cu (II) dapat



meningkatkan muatan positif pada adsorben dan dapat membentuk gaya tarik terhadap dipol pada parasetamol.



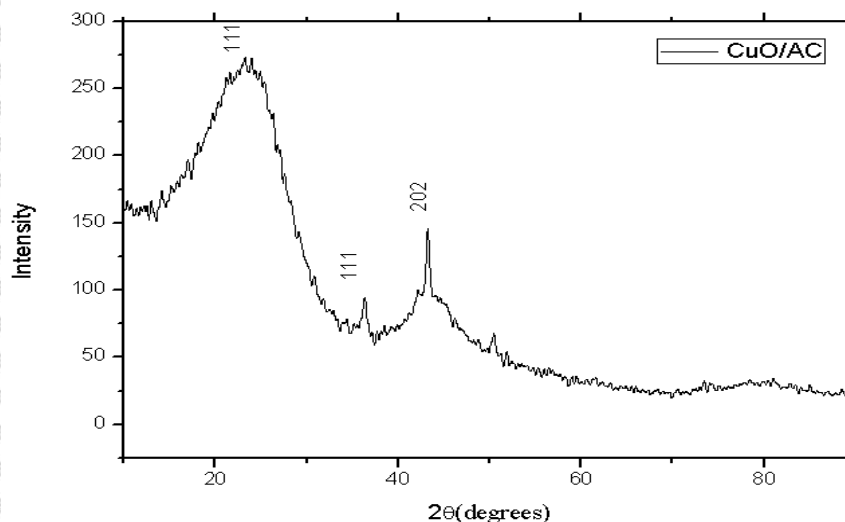
**Gambar 5.8** Proses adsorpsi parasetamol pada permukaan karbon aktif.

Pada **Gambar 5.8** Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif yang terbentuk hasil proses fungsionalisasi akan membentuk ikatan hidrogen dengan parasetamol.

#### 5.4. Karakterisasi Komposit CuO/AC

##### 5.4.1 Karakterisasi Struktur Kristal Komposit dengan XRD

Analisis menggunakan XRD bertujuan untuk mengidentifikasi stuktur kristal yang terbentuk di dalam komposit CuO/AC. Pada **Gambar. 5.9** dan **Tabel. 5.7** Pola difraksi bubuk dari komposit CuO/AC jika dibandingkan dengan data JCPDS 41-254, memiliki puncak yang karakteristik dari CuO yaitu Tenorite, syn, monoclinic sekitar  $35,9^{\circ}$  ;  $39,0^{\circ}$  dan  $49,1^{\circ}$ . Hal itu menunjukkan bahwa impregnan pada permukaan karbon aktif setelah perlakuan adalah CuO, sedangkan puncak yang melebar menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki sifat yang amorf.



Gambar. 5.9 Spektra XRD komposit CuO/AC hasil pengukuran

Tabel 5.7 Interpretasi spektra XRD CuO/AC

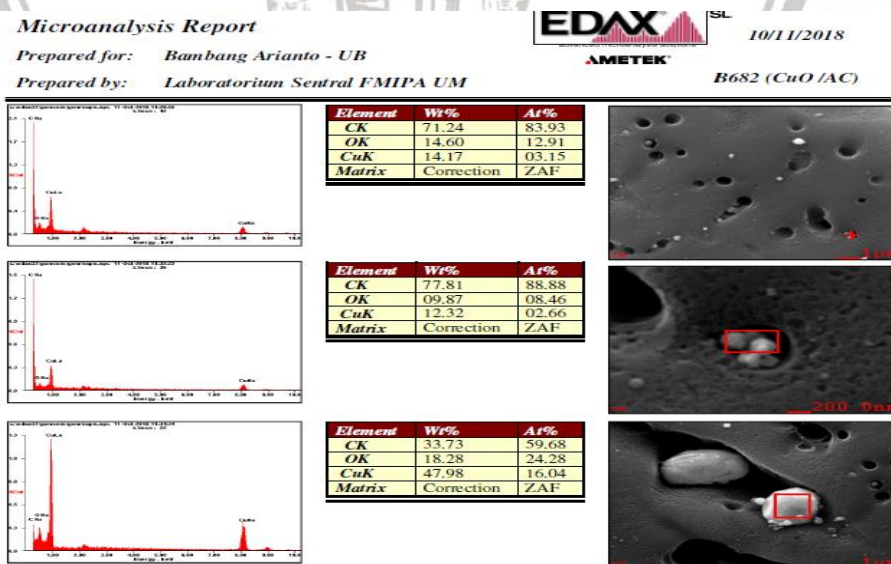
2θ (°)	Tinggi puncak (cts)	FWHM (°)	d-spacing (Å)	Intensitas relatif (%)	2θ (°) Ref. JCPDS 41-254	hkl
36,3132	25,88	0,4723	2,47400	41,3	35,9	111
43,2418	62,17	0,2362	2,09230	100,00	39,0	111
50,3200	11,91	1,1520	1,81184	19,16	49,1	202

### 5.4.2. Penentuan Komposisi Kimia Komposit dengan EDX

Karakterisasi menggunakan EDX digunakan untuk mengetahui komposisi dari material komposit. Berdasarkan pengukuran komposisi kimia komposit CuO/AC dengan menggunakan pengukuran dengan cara EDX menunjukkan komposisi unsur bahan. Tabel 5.8 memberikan informasi bahwa komposit CuO/AC mengandung komponen rata-rata sebesar  $1,25 \pm 1,31\%$  Cu,  $12,24 \pm 3,34\%$  O, dan  $74,53 \pm 4,65\%$  atom C. Data merupakan rata-rata dari data pengukuran EDX pada Gambar 5.10.

Tabel 5.8 Komposisi komposit CuO/AC dengan SEM-EDX

Komponen	Komposisi (%)		Rata-rata(%)	SD
C	71,24	77,81	74,53	4,65
O	14,60	9,87	12,24	3,34
Cu	14,70	12,32	13,51	1,68

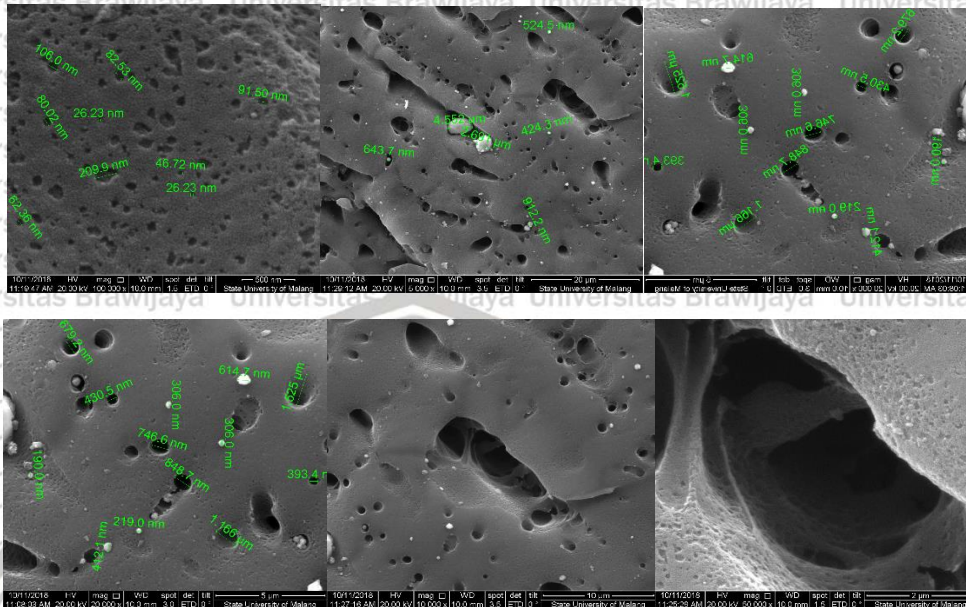


Gambar.5.10 Komposisi komposit CuO/AC dengan SEM-EDX

### 5.4.3. Karakterisasi morfologi permukaan komposit dengan SEM

Analisis SEM dilakukan untuk mempelajari morfologi permukaan komposit, sedangkan analisis EDX dilakukan untuk menentukan komposisi tembaga di dalam komposit.

Foto SEM komposit diberikan pada **Gambar 5.11**.



**Gambar. 5.11** Morfologi komposit CuO/AC dengan SEM.

**Gambar 5.11.** memperlihatkan permukaan komposit dari CuO/AC yang menunjukkan struktur yang berlubang dengan ukuran yang berbeda pada semua permukaannya, yang mengindikasikan adanya pori besar pada permukaan karbon aktif. Gambar juga menunjukkan keberadaan padatan berwarna putih mengindikasikan CuO di permukaan karbon aktif.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian berjudul Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik, berdasarkan data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan karakterisasi dengan spektrofotometri FTIR secara kualitatif, jenis logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] mempengaruhi gugus fungsi permukaan komposit:
  - Diantara hidoksida, klorida, dan oksida, yang menunjukkan perbedaan gugus fungsi adalah yang hidoksida dan klorida.
  - Diantara Fe(III), Zn(II), dan Cu(II) hidoksida dan klorida, yang menunjukkan paling banyak –OH hidratnya adalah Fe(III).
2. Jenis logam transisi [Fe(III), Cu(II) dan Zn(II)] berpengaruh terhadap adsorpsi yang paracetamol :
  - Daya adsorpsi paracetamol oleh CuO/AC dengan kation Cu(II) merupakan yang terbaik jika dibandingkan dengan kation Cu(OH)<sub>2</sub>/AC dan CuCl<sub>2</sub>/AC
  - Daya adsorpsi paracetamol oleh CuO/AC dalam bentuk oksidanya merupakan yang terbaik jika dibandingkan dengan Fe(III) dan Zn(II)]
3. Pembentukan komposit dengan impregnan terbaik terhadap adsorpsi parasetamol oleh CuO/AC adalah sebesar  $25,70 \pm 0,13$  mg/g atau  $95,56 \pm 0,47\%$ .
4. Hasil karakterisasi komposit CuO/AC adalah sebagai berikut :
  - Berdasarkan analisis EDX, CuO/AC mengandung  $13,25 \pm 1,31\%$  Cu,  $12,24 \pm 3,34\%$  O, dan  $74,53 \pm 4,65\%$  atom C.
  - Berdasarkan karakterisasi dengan difraksi sinar-X CuO /AC mengindikasikan struktur kristal CuO dan karbon aktif turbostratic.
  - SEM menunjukkan beberapa pori pada permukaan karbon aktif dan partikel putih menunjukkan kristal CuO.

### 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan modifikasi dengan kation logam transisi yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, M., dan Khairurrijal, 2009, **Review: Karakterisasi Nanomaterial**, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, Vol. 2, 1-9.
- [2] Adeeyinwo, C. E., N.N. Okorie, dan G.O. Idowu, 2013, **Basic Calibration Of UV/Visible Spectrophotometer**, *International Journal of Science and Technology*, Vol.2, No. 3.
- [3] Arfan, Y, 2006, **Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serja Uji Kinerjanya**, Departemen Teknik Kimia FT-UI, Depok.
- [4] Asaka, Y., Miyazaki, M., Aboshi, H., Yoshida, T., Takamizawa, T., Kurokawa, H., dan Rikuta, A., 2004, **EDX Fluorescence Analysis And SEM Observations Of Resin Composites**, *Journal of Oral Science*, Vol. 3, No. 46, 143.
- [5] Atmoko, R.D., 2012, **Pemanfaatan Karbon Aktif Batubara Termodifikasi TiO<sub>2</sub> pada Proses Reduksi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran**, Penerbit FT UI, Jakarta.
- [6] Astuti, 2016. **Skripsi: Karakterisasi Material**. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [6] Dai, Q., M. Lam, Sally Swanson, Rui-Hui R., Delia J.M., Teya Topuria, Pierre-Olivier J., and Alshakim Nelson, 2010, **Monodispere Cobalt Ferrite Nanomagnets with Uniform Silica Coatings**, *Langmuir*, vol. 26, pp: 17546-17551.
- [7] Deegan, A.M., Shaik, B., Nolan, K., Urell, K., Oelgemoeller, M., Tobin, J., Morrissey, A., 2011. **Treatment options for wastewater effluents from pharmaceutical companies**. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 8, 649e666.
- [8] Desale, A., Kamble, S. P., & Deosarkar, M. P., 2013, **Photocatalytic Degradation of Paracetamol Using Degussa TiO<sub>2</sub> Photocatalyst**, *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 140-148.
- [9] Dutta, Monal., Uttiya Das, Saurav Mondal, Suparna Bhattachriya, Remanisha Khatun and Ratan Bagal, 2015, **Adsorption of acetaminophen by using tea waste derived activated carbon**, *International Journal of Environmental Sciences*, Volume 6, No 2, 2015.
- [10] Dimpe Mogolodi, Luthando Nyaba, Cuma Magoda, J.C. Ngila, Philiswa N. Nomngongo, 2016, **Synthesis, modification, characterization and application of AC@Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@MnO<sub>2</sub> composite for ultrasound assisted dispersive solid phase microextraction of refractory metals in environmental samples** Department of Applied Chemistry, University of Johannesburg, Doornfontein Campus, P.O. Box 17011, Johannesburg 2028, South Africa.
- [11] Demara Meilia, Mochamad Misbah Khunur, Tutik Setianingsih, 2017, **Effect of metal cation ratio on chemical properties of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/AC composite and adsorption**



of organic Contaminant, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 299 012036 doi:10.1088/1757-899X/299/1/012036.

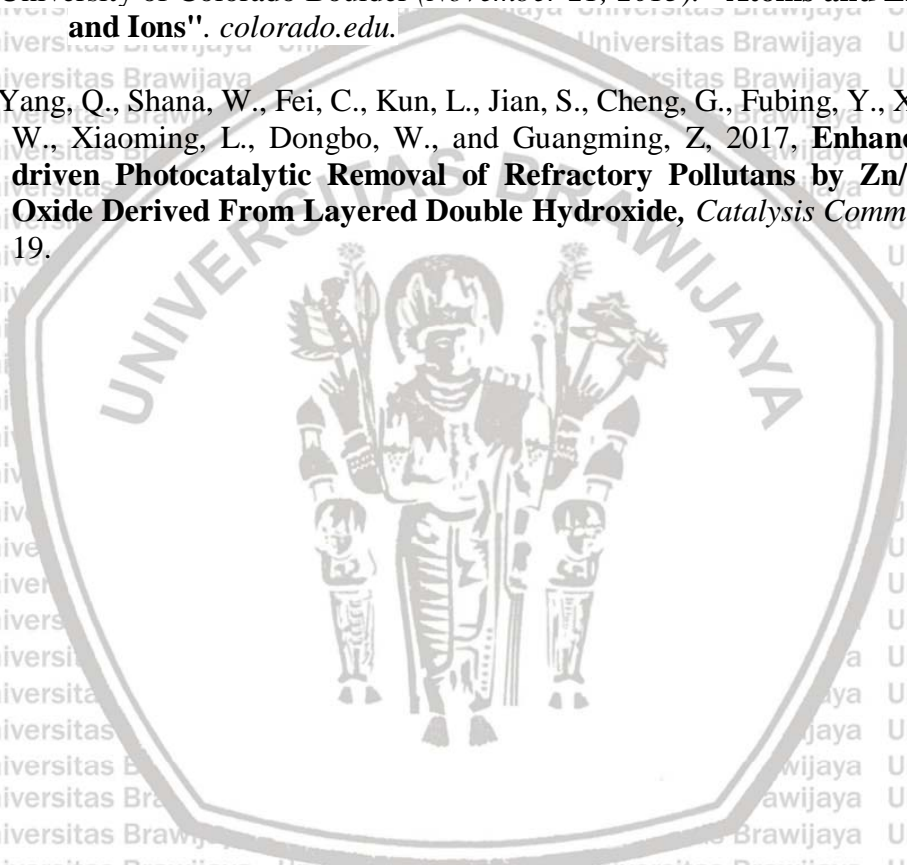
- [12] Escher, B.I., Baumgartner, R., Koller, M., Treyer, K., Lienert, J., McArdell, C.S., 2011. **Environmental toxicology and risk assessment of pharmaceuticals from hospital wastewater.** *Water Res.* 45, 75-92.
- [13] Edward, T., 2012, **Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air,** *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.1, No.2, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, USU, Medan.
- [14] Fansuri, H., 2010., *Modul Pelatihan Operasional XRF.* Laboratorium Energi dan Rekayasa. LPPM ITS.
- [15] Gumelar, Dalas., Yusuf Hendrawan dan Rini Yulianingsih, 2015, **Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry.** *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 3 No. 1, 15-23.
- [16] Granberg RA, Rasmuson AC (1999). "Solubility of paracetamol in pure solvents". *Journal of Chemical & Engineering Data.* 44 (6): 1391–95. doi:10.1021/jc990124.
- [17] Gercel O, Gercel H, Koparal A, 2008, **Removal of Disperse Dye from Aqueous Solution by Novel Adsorbent Prepared from Biomass Plant Material,** *Journal of Hazardous Materials*, 160, 668-674.
- [18] Halling-Sorensen, B., Nielsen, S.N., Lanzky, P.F., Ingerslev, F., Lutzhoft, H.C.H., Jorgensen, S.E., 1998. Occurrence, **fate and effects of pharmaceutical substances in the environment** - a review. *Chemosphere* 36, 357-394.
- [19] Hirasaki, 2005, **Adsorption Process and Isotherms,** <http://www.owl.net.rice.edu/~ceng402/>, diakses pada 04 September 2017.
- [20] Hayashi, J., Horikawa, T., Takeda, I., Muroyama, K. & Ani, F.N, 2002, **Preparing activated carbon from various nutshells by chemical activation with K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.** *Carbon*, Vol. 40, No. 13, 2381–2386.
- [21] Hongo, Teruhisa., Takeshi Iemura, and Atsushi Yamazaki, 2008, **Adsorption Ability for Several Harmful Anions and Thermal Behavior of Zn-Fe Layered Double Hydroxide,** *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 116, 192-197.
- [22] Hara, M., Yoshida, T, Takagaki, A.; Takata T, Kondo J. N, Hayashi, S, Domen, K, 2004, **A carbon materials as a strong protonic acid,** *Angew Chem Int. Ed.*, 63, 2955–2958.
- [23] Hardjono, S., 1994, **Spektroskopi,** Edisi Kedua, Liberty, Yogyakarta, hal. 6-7.
- [24] Ho, Y. S., J. C. Y. Ng, dan G. McKay, 2000, **Kinetics of Pollutant Sorption by Biosorbents: Review,** *Separation and Purification Methods*, 29(2), 189-232.

- [25] Irfan Shah, Rohana Adnan\*, Wan Saime Wan Ngh, Norita Mohamed, 2015, **Iron Impregnated Activated Carbon as an Efficient Adsorbent for the Removal of Methylene Blue: Regeneration and Kinetics Studies**, .PLoS ONE 10(4): e0122603. doi:10.1371/journal.pone.0122603.
- [26] Ismanto, A.E., Wang, S., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S., 2010, **Preparation of Capacitor's Electrode from Cassava Peel Waste**, Bioresour. Technol., 101, 3534-3540.
- [27] Jankowska and J.Chona, 1991, **Active Carbon**, England and Prentice-hall, Englewood Cliffs, NJ, 280.
- [28] Liou Rey-May , Shih-Hsiung Chen, 2009, **CuO impregnated activated carbon for catalytic wet peroxide oxidation of phenol**, Department of Environmental Engineering and Science, Chia-Nan University of Pharmacy and Science, Tainan 717, Taiwan.
- [29] Lempang, Mody. 2014. **Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif**. Vol. 11 No. 2, 65– 80.
- [30] Oktem, Y.A. et al., 2008, **Anaerobic Treatment of a Chemical Synthesis-based Pharmaceutical Wastewater in a Hybrid Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor**, Bioresource Technology, 99(5), pp.1089-1096.
- [31] Ozawa & Kang. (2004). **Balls and Stick : Easy-to-Use Structure Visualisasi and Animation Creating Program**. *Journal Applied Crystallography*.37. Page 679.
- [32] Pandey , Prashant, Vipin Kumar Saini. 2015, **Synthesis of Low Cost Carbon Replica for Paracetamol Removal from Waste Water and Effect of Temperature on Adsorption Capacity**, Vol. 5, 017-019
- [33] Prabowo, A.L, 2009, **Skripsi : Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb, dan Amonia**, Depok, Universitas Indonesia.
- [34] Permatasari, Anugrah Rizqi., Lia Umi Khasanah, Esti Widowati, 2014, **Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Variasi Jenis Aktivator**. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. VII, No. 2.
- [35] Rey-Mafull1 A Carlos, Juan E Tacoronte, Raquel Garcia, Jorge Tobella, Julio C Llópez1, Alberto Iglesias dan Dachamir Hotza, 2014, **Comparative study of the adsorption of acetaminophen on activated carbons in simulated gastric Fluid**, 3: 48.
- [36] Setianingsih Tutik., Bambang Ismuyanto, and Masruri, 2016, **Effect of Calcination Temperature on Structural Properties of Biochar-MCl<sub>n</sub> Composite form Patchouli Biomass and It's Application for Drug Adsorption**, *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 9 No.12, pp 610-612.
- [37] Setianingsih, Tutik., Masruri, Bambang Ismuyanto, and Amaria, 2017, **Study of Chemical Activator in Preparation of Biochar Adsorbent from Patchouli Biomass for Removing Drug Contaminant**, *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 10 No.6, pp 10-19.

- [38] Sahoo, N.G., Sravenda Rana, Jae Whan Cho, Lin Li, and Siew Hwa Chan, 2010, **Polymer Nanocomposites Based on Functionalized Carbon Nanotubes**, *Progress in Polymer Science* 35, 837-867.
- [39] Stephenson, J.J., Jared L. Hudson, Samina Azad, and James M. Tour, 2006, **Individualized Single Walled Carbon Nanotubes from Bulk Material Using 96% Sulfuric Acid as Solvent**, *Chem. Mater*, 18, 374-377.
- [40] Shen, Wenzhong, Zhijie Lie, and Yihong Liu, 2008, **Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon**, *Recent Patents on Chemical Engineering* 2008, 1, 27-40.
- [41] Shafeeyan, M.S., daud, W.M.A.W, Houshmand, A., and Shamiri, A., 2010, **A Review on Surface Modification of Activated Carbon for Carbondioxide Adsorption**, *J. Anal. Appl. Pyrol*, 89, 143-151.
- [42] Shi, Weilong, Feng Guo, Huibo Wang, Changan Liu, Yijun Fu, Songliu Yuan, Hui Huang, Yang Liu and Zhenhui Kang, 2018, **Carbon dots decorated magnetic ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with enhanced adsorption capacity for the removal of dye from aqueous solution**, *Applied Surface Science*, Vol 433, 790–797.
- [43] Stuart and Barbara, 2004, **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications**, John Wiley & Sons, New York.
- [41] Sudibandriyo, M., 2003, **A Generalized Ono- Kondratice Model for High Pressure on Carbon Adsorbent**, Oklahoma, Oklahoma State University.
- [42] Tripathi, A. dan M. R. Ranjan, 2015, **Heavy Metal Removal from Wastewater Using Low Cost Adsorbents**, *Bioremed Biodeg*, 6, pp 315.
- [43] Tawfik A. Saleh\*, Khalid R. Alhooshani, Mohammed S.A. Abdelbassit, 2015, **Evaluation of AC/ZnO composite for sorption of dichloromethane, trichloromethane and carbon tetrachloride: kinetics and isotherms**, Department of Chemistry, King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dhahran, Saudi Arabia.
- [44] Tawalbeh, M., Mamdouh, A., Allawzi and Kandah, M. I., 2005, **Production of Carbon from Jojoba Seed Residue by Chemical Activation Using a Static Bed Reactor**, *J. Appl. Sci.*, 5, 3, 482-487.
- [45] Teng, Hsisheng, Yu-Chuan Lin, and Li-Yeh Hsu, 2000, **Production of Activated Carbons from Pyrolysis of Waste Tires Impregnated with Potassium Hydroxide**, Department of Chemical Engineering, National Cheng. Air & Waste Manage. Assoc. 50:1940-1946.
- [46] Wang Y, Liu B, Zheng C, 2010, **Preparation and Adsorption Properties of Corn-cob-Derived Activated Carbon with High Surface Area**, *Journal of Chemical & Engineering Data*. 55, 4669-4676.
- [47] Williard, H.H., Merit L., and Dean J.A., 1988, **Intrumental Methods for Analysis**, 7th ed, New York:Wards W ort Inc.



- [48] H. R. Oswald, A. Reller, H. W. Schmalle, E. Dubler (1990). "**Structure of Copper(II) Hydroxide,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$** ". *Acta Crystallogr.* **C46**:2279–284.
- [49] Wells, A.F. (1984) **Structural Inorganic Chemistry**, Oxford: Clarendon Press. ISBN 0-19-855370-6.
- [50] Hashimoto S, Forster K, Moss SC (1989). "**Structure refinement of an  $\text{FeCl}_3$  crystal using a thin plate sample**". *J. Appl. Crystallogr.* **22** (2): 173.
- [51] Mackay A. L., 1960, " **$\beta$ -Ferric Oxyhydroxide**". *Mineralogical Magazine (Journal of the Mineralogical Society)*, volume 32, issue 250, pages 545-557.
- [52] University of Colorado Boulder (November 21, 2013). "**Atoms and Elements, Isotopes and Ions**". *colorado.edu*.
- [53] Yang, Q., Shana, W., Fei, C., Kun, L., Jian, S., Cheng, G., Fubing, Y., Xiaolin W., Jiawei, W., Xiaoming, L., Dongbo, W., and Guangming, Z, 2017, **Enhanced Visible-light-driven Photocatalytic Removal of Refractory Pollutants by Zn/Fe Mixed Metal Oxide Derived From Layered Double Hydroxide**, *Catalysis Communications* **99**, 15-19.



## LAMPIRAN A

## PERHITUNGAN PADA PREPARASI LARUTAN

## A.1 Pembuatan larutan HCl 1 M

Perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kadar HCl pekat} = 32\%$$

$$\text{Mr HCl} = 36,461 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa jenis HCl pekat} = 1,19 \text{ g/mL}$$

Konsentrasi HCl Pekat:

$$[HCl] = \frac{1,19 \text{ g/mL}}{36,461 \text{ g/mol}} \times \frac{32}{100} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 10,44 \text{ M}$$

Larutan HCl 0,4 M dalam 1000 mL dibuat dengan menggunakan HCl pekat sebanyak:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10,44 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 9,58 \text{ mL}$$

## A.2 Pembuatan NaOH 1 M

$$\text{Mol NaOH (n)} = M \times V$$

$$= 5 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Massa NaOH (g)} = n \times \text{Mr NaOH}$$

$$= 0,5 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$= 20 \text{ g}$$

Pembuatan :

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 20 g, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 100 mL, dilarutkan dengan aquades 50 mL. Kemudian dipindahkan ke labu takar 100 mL dan ditanda bataskan dengan aquades.

## A.3 Pembuatan KOH 4 M

$$\text{Mol KOH (n)} = M \times V$$

$$= 4 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}$$

$$= 4 \text{ mol}$$

$$\text{Massa KOH (g)} = n \times \text{Mr KOH}$$

$$= 4 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol}$$

$$= 224 \text{ g}$$

Pembuatan :

Padatan KOH ditimbang sebanyak 224 g, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 500 mL, dilarutkan dengan aquades 200 mL. Kemudian dipindahkan ke labu takar 1000 mL dan ditanda bataskan dengan aquades.

#### A.5 Pembuatan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M

Perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kadar H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat} = 96\%$$

$$\text{Mr H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa jenis H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat} = 1,8 \text{ g/mL}$$

Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pekat:

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{1,8 \text{ g/mL}}{98 \text{ g/mol}} \times \frac{96}{100} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 17,63 \text{ M}$$

Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M dalam 1000 mL dibuat dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat sebanyak:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$17,63 \text{ M} \times V_1 = 6 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 340,33 \text{ mL}$$

#### A.6 Pembuatan Larutan FeCl<sub>3</sub> 0,2 M

$$\text{Mol FeCl}_3 (n) = M \times V$$

$$= 0,2 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}$$

$$= 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{Massa FeCl}_3 (g) = n \times \text{Mr FeCl}_3$$

$$= 0,2 \text{ mol} \times 124 \text{ g/mol}$$

$$= 24,8 \text{ g}$$

Pembuatan :

Padatan FeCl<sub>3</sub> ditimbang sebanyak 24,8 g, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 500 mL, dilarutkan dengan aquades 200 mL. Kemudian dipindahkan ke labu takar 1000 mL dan ditanda bataskan dengan aquades.

#### A.7 Pembuatan Larutan ZnCl<sub>2</sub> 0,2 M

$$\text{Mol ZnCl}_2 (n) = M \times V$$

$$= 0,2 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}$$

$$= 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{Massa ZnCl}_2 (g) = n \times \text{Mr ZnCl}_2$$

$$= 0,2 \text{ mol} \times 136 \text{ g/mol}$$

$$= 27,2 \text{ g}$$

Pembuatan :

Padatan  $ZnCl_2$  ditimbang sebanyak 27,2 g, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 500 mL, dilarutkan dengan aquades 200 mL. Kemudian dipindahkan ke labu takar 1000 mL dan ditanda bataskan dengan aquades.

#### A.8 Pembuatan Larutan kontaminan parasetamol 100 ppm

ppm = mg/L

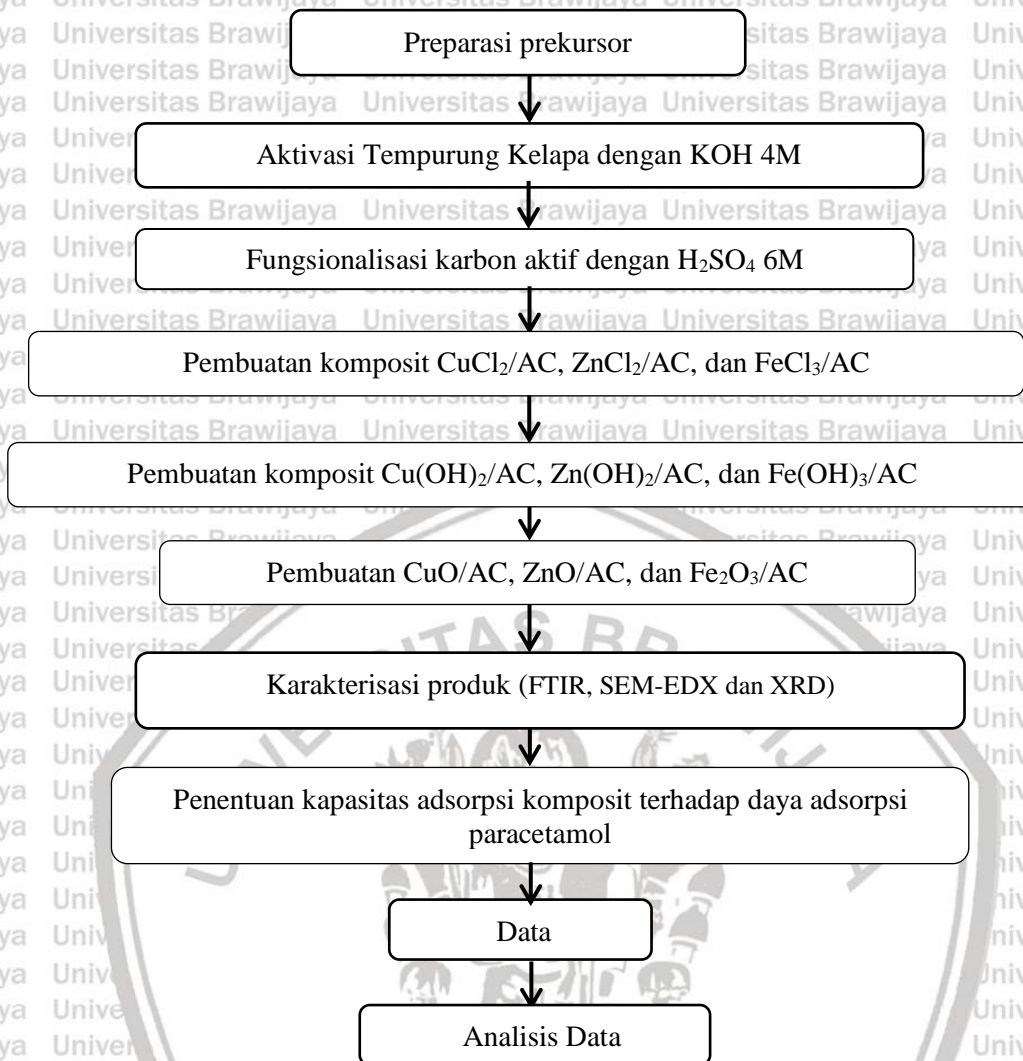
100 ppm = mg / 1L

Mg = 100 mg = 0,1 g

Padatan parasetamol ditimbang sebanyak 0,1 g, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 500 mL, dilarutkan dengan aquades 200 mL. Kemudian dipindahkan ke labu takar 1000 mL dan ditanda bataskan dengan aquades.

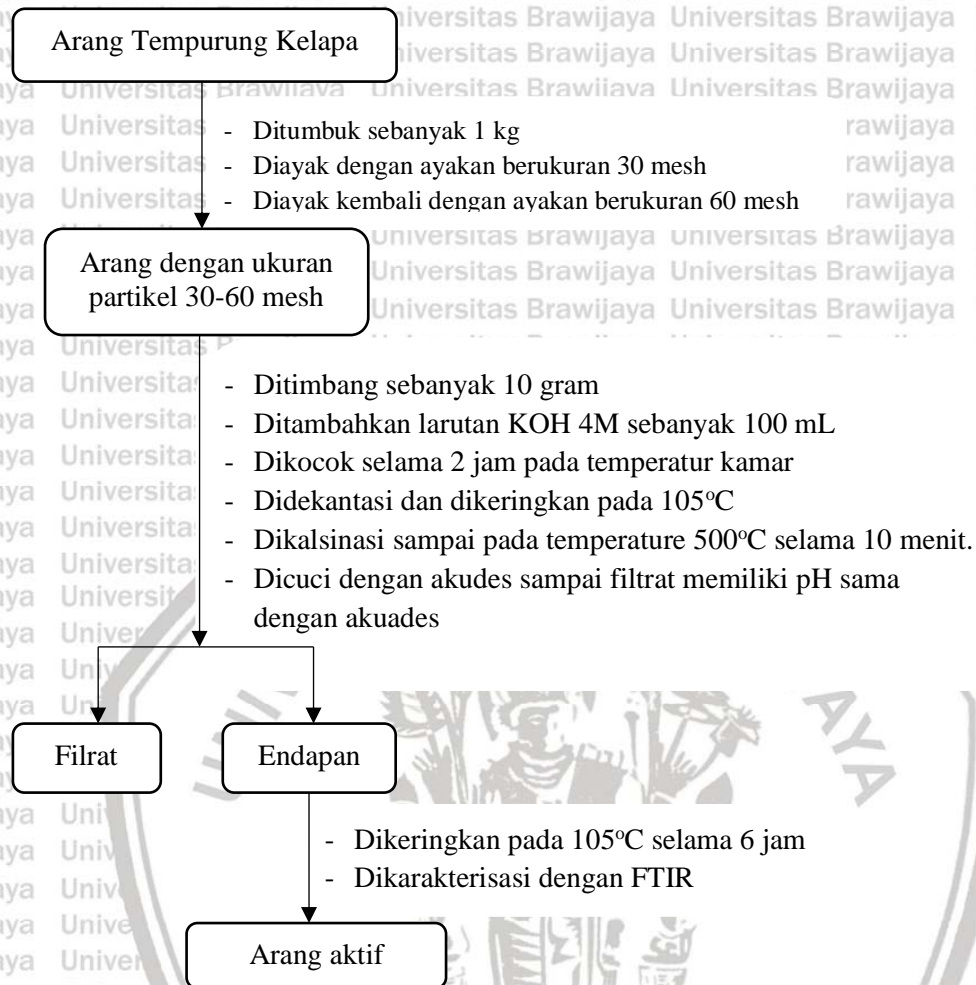


## Lampiran B. Diagram Alur Penelitian

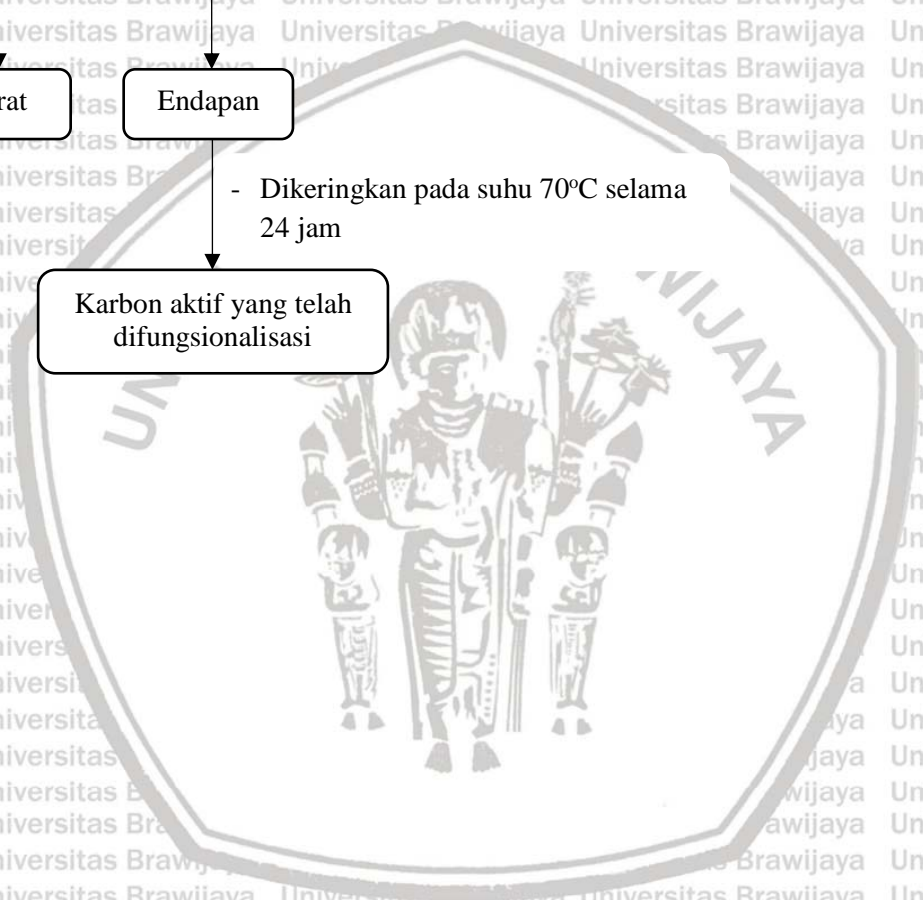
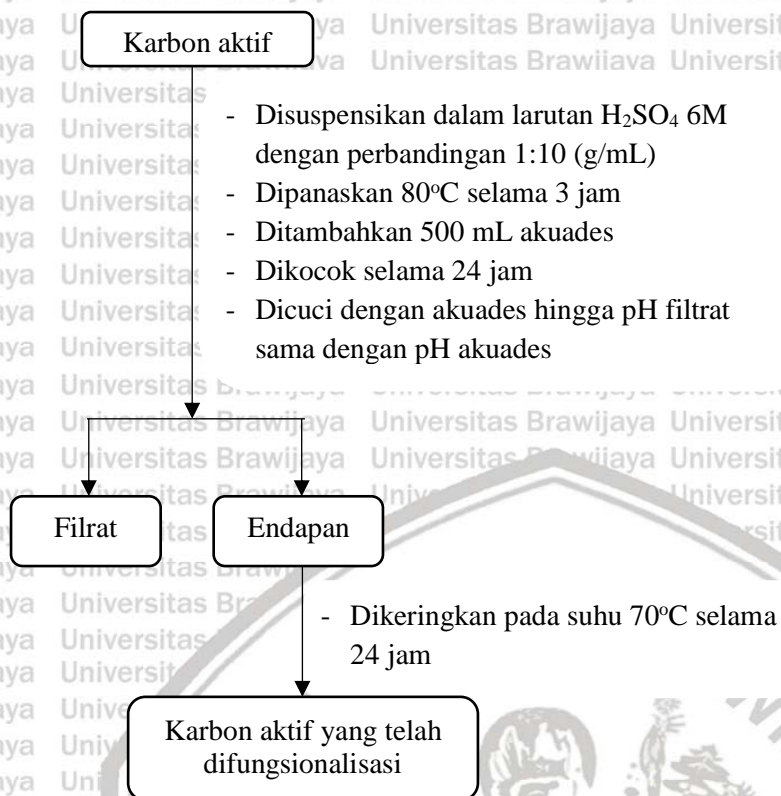


## Lampiran C. Diagram Alir

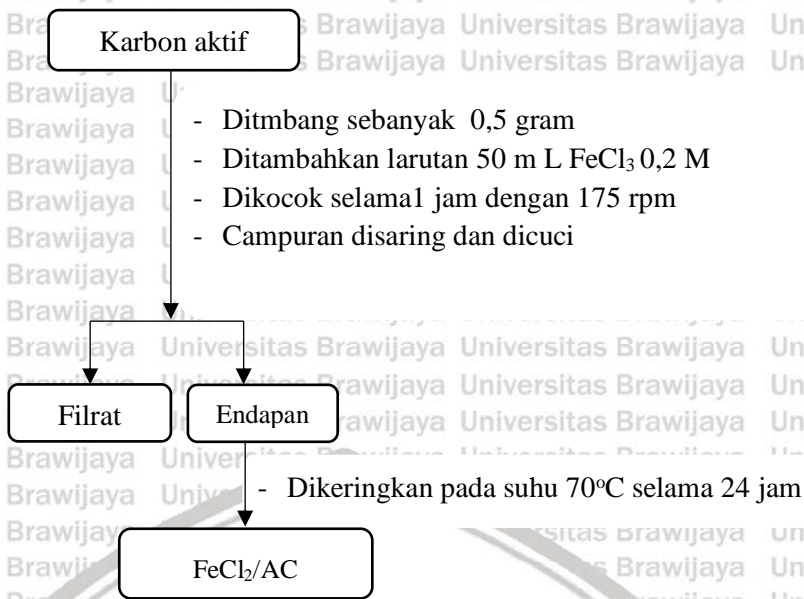
### C.1 Aktivasi Tempuuring Kelapa



## C.2 Fungsionalisasi Karbon Aktif



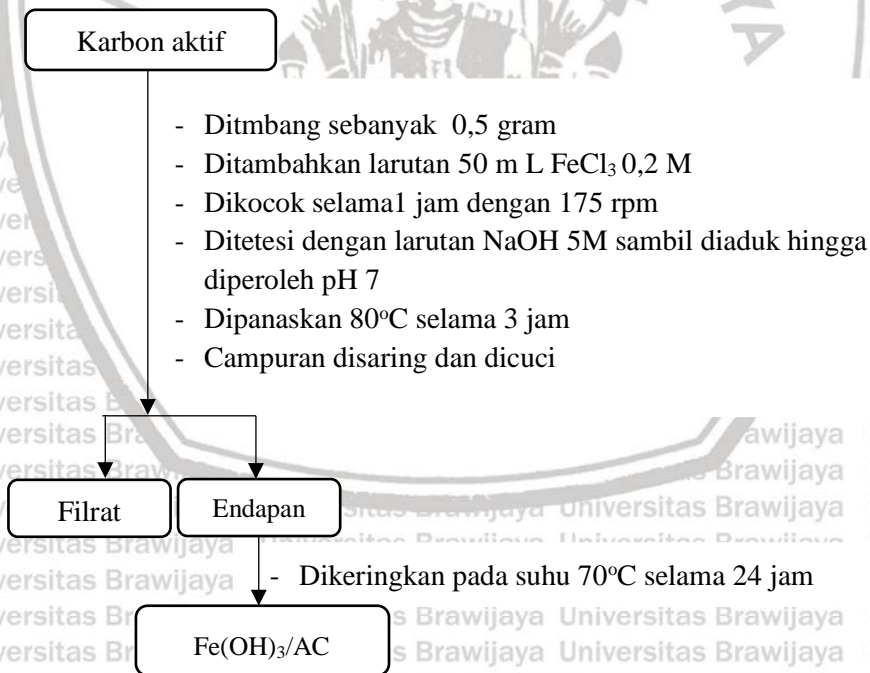
**C.3. Pembuatan komposit  $\text{CuCl}_2/\text{AC}$ ,  $\text{ZnCl}_2/\text{AC}$ , dan  $\text{FeCl}_2/\text{AC}$**



Catatan :

Prosedur diulangi dengan larutan  $\text{CuCl}_2$  0,2 M dan  $\text{ZnCl}_2$  0,2 M

**C.4. Pembuatan komposit  $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$ .**

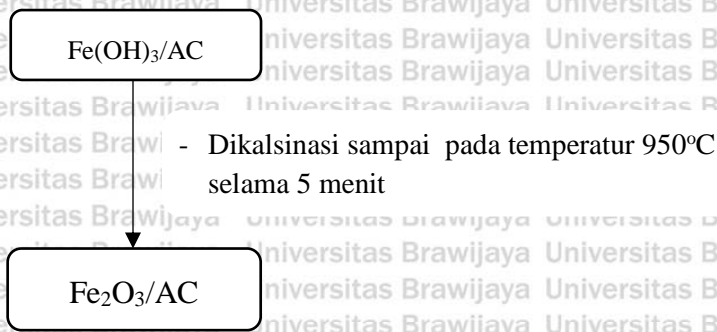


Catatan :

Prosedur diulangi dengan dengan cara yang sama untuk pembentukan komposit  $\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{AC}$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{AC}$



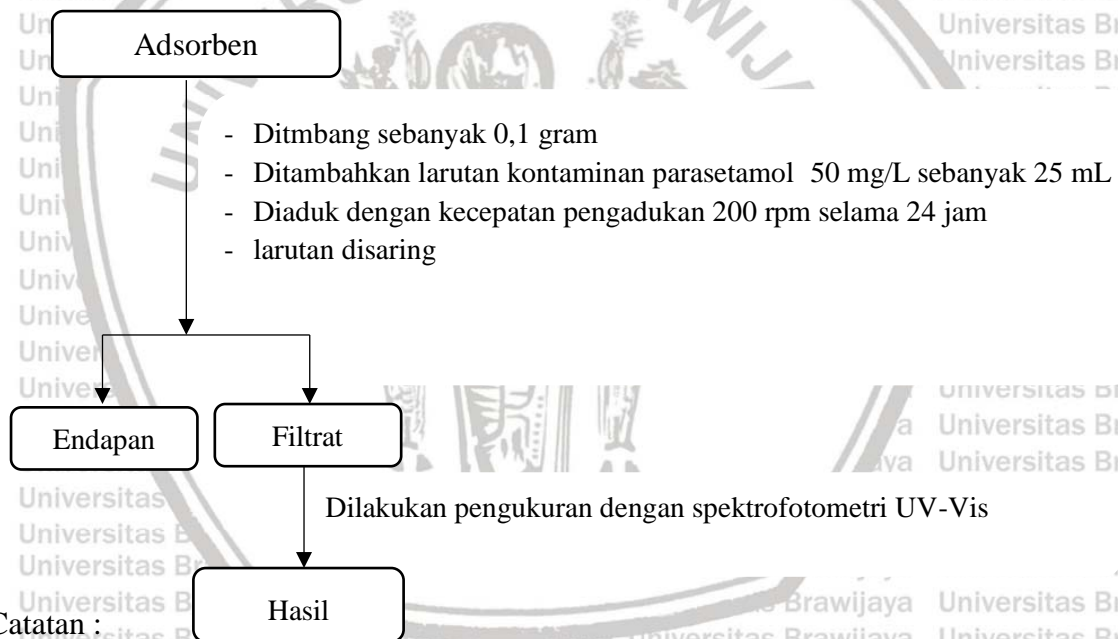
### C.5. Pembuatan komposit ZnO/AC Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC dan CuO/AC



Catatan :

Prosedur diulangi dengan dengan cara yang sama untuk pembentukan komposit CuO/AC, ZnO/AC

### C.6 Adsorpsi terhadap Parasetamol



Catatan :

- a. setelah aktivasi, karbon aktif setelah difungsionalisasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CuO/AC, ZnO/AC, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC.
- b. Setiap perlakuan dilakukan secara triplo

### C.7 Penentuan panjang gelombang maksimum larutan parasetamol

Larutan parasetamol 50 mg/L

- Diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 200-400 nm menggunakan spektrofotometri UV-Vis

Hasil

### C.8 Pembuatan Kurva Baku Parasetamol

Larutan parasetamol 10 ppm

- Dipipet sebanyak 10 mL dari larutan parasetamol 50 ppm
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- Ditandabatkan dengan aquadese
- Diukur absorbansinya dengan spektrofotometri UV-Vis

Hasil

Catatan :

Prosedur diulangi dengan prosedur yang sama dengan konsentrasi larutan parasetamol 20, 30, 40 dan 50 ppm.



**Lampiran D. Perhitungan Data Hasil Penelitian.**

**D.1 Perhitungan Massa parasetamol yang Teradsorpsi**

$$(q_e) r = \frac{((q_e)1+(q_e)2)}{2}$$

$$q_e = (C_o - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum((q_e)-(q_e)r)^2}{n-1}}$$

Keterangan:

- C<sub>o</sub> = konsentrasi parasetamol sebelum adsorpsi (mg/L)
- C<sub>e</sub> = konsentrasi parasetamol sesudah adsorpsi (mg/L)
- V = volume larutan parasetamol yang digunakan saat proses adsorpsi (L) = 0,025 L
- m = massa adsorben yang digunakan proses adsorpsi (g) = 0,1 g
- q<sub>e</sub> = massa ion adsorbat yang diserap per gram adsorben(mg/g)
- (q<sub>e</sub>)r = massa parasetamol rata-rata yang diserap per gram adsorben(mg/g)
- SD = standar deviasi
- N = banyak data

**D.2.1 Perhitungan parasetamol yang teradsorpsi pada berbagai adsorben**

**Tabel D.1** Data perhitungan parasetamol yang teradsorpsi pada berbagai adsorben.

Kode	Co	Ce	qe	qer	SD	% Ads	% Ads r	SD
Arang	107.56	107.00	0.14	0.11	0.05	0.52	0.52	0.18
	107.56	107.33	0.06			0.21		
	107.56	107.00	0.14			0.52		
AC_KOH4	107.56	105.33	0.56	1.95	1.21	2.07	9.82	0.44
	107.56	97.33	2.56			9.51		
	107.56	96.67	2.72			10.13		
AC_KOH4_H2SO4	107.56	70.67	9.22	9.58	0.32	34.30	35.64	1.17
	107.56	68.67	9.72			36.16		
	107.56	68.33	9.81			36.47		
Fe(OH)3/AC	107.56	64.33	10.81	10.58	0.21	40.19	39.36	0.78
	107.56	66.00	10.39			38.64		
	107.56	65.33	10.56			39.26		
Cu(OH)2/AC	107.56	67.67	9.97	9.95	0.05	37.09	36.99	0.18
	107.56	67.67	9.97			37.09		
	107.56	68.00	9.89			36.78		
Zn(OH)2/AC	107.56	67.67	9.97	10.06	0.14	37.09	37.40	0.54
	107.56	67.67	9.97			37.09		
	107.56	66.67	10.22			38.02		
Fe2O3/AC	107.56	32.67	18.72	18.92	0.17	69.63	70.35	0.65
	107.56	31.67	18.97			70.56		
	107.56	31.33	19.06			70.87		

CuO/AC	107.56	5.33	25.56	25.70	0.13	95.04	95.56	0.47
	107.56	4.67	25.72			95.66		
	107.56	4.33	25.81			95.97		
ZnO/AC	107.56	41.33	16.56	16.50	0.05	61.57	61.37	0.18
	107.56	41.67	16.47			61.26		
	107.56	41.67	16.47			61.26		
FeCl3/AC	96.89	89.00	1.97	2.03	0.05	8.14	8.37	0.20
	96.89	88.67	2.06			8.49		
	96.89	88.67	2.06			8.49		
CuCl2/AC	96.89	81.67	3.81	3.75	0.05	15.71	15.48	0.20
	96.89	82.00	3.72			15.37		
	96.89	82.00	3.72			15.37		
ZnCl2/Ac	96.89	77.67	4.81	4.81	0.00	19.84	19.84	0.00
	96.89	77.67	4.81			19.84		
	96.89	77.67	4.81			19.84		

Tabel D.2 Nilai  $q_e$  dan % adsorpsi adsorben pada berbagai jenis logam dan berbagai jenis anion.

Kode Sampel	$q_e$ (mg/g)	% Adsorpsi
CuCl <sub>2</sub> /AC	3.75	15.48
ZnCl <sub>2</sub> /AC	4.81	19.84
FeCl <sub>3</sub> /AC	2.03	8.37
Cu(OH) <sub>2</sub> /AC	9.95	36.99
Zn(OH) <sub>2</sub> /AC	10.06	37.40
Fe(OH) <sub>3</sub> /AC	10.58	39.36
CuO/AC	25.70	95.56
ZnO/AC	16.50	61.37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /AC	18.92	70.35

Contoh Perhitungan untuk daya adsorpsi adsorben arang :

$$(q_e)_1 = (C_0 - C_e)_1 \times \frac{V}{m}$$

$$(q_e)_1 = \left(107,56 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 107,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \frac{0,025 \text{ L}}{0,1 \text{ g}}$$

$$(q_e)_1 = 0,14 \text{ mg/g}$$

$$(q_e)_r = \frac{((q_e)_1 + (q_e)_2 + (q_e)_3)}{3}$$

$$(q_e)_r = \frac{(0,14 + 0,66 + 0,14)}{3}$$

$$(q_e)_r = 0,11$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum((q_e) - (q_e)_r)^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{(0,14 - 0,11)^2 + (0,66 - 0,11)^2 + (0,14 - 0,11)^2}{3-1}}$$

$$SD = 0,05$$

Tabel D.3 Data Hasil pengukuran UV-VIS adsorpsi parasetamol yang teradsorpsi pada berbagai adsorben.

## Photometric Report

10/12/2018 08:08:57 AM

File Name: E:\2018\Bambang - S2\Kurva Standar Parasetamol.pho

Wavelengths  
 Wavelength Name: WL272.5  
 Wavelength: 272.50 nm

Calibration Curve  
 Column for Cal. Curve: WL272.5  
 Cal. Curve Type: Multi Point  
 Cal. Curve Unit: mg/l  
 Selected Wavelength: WL272.5  
 Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
 Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Measurement Parameters(Sample)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Equations

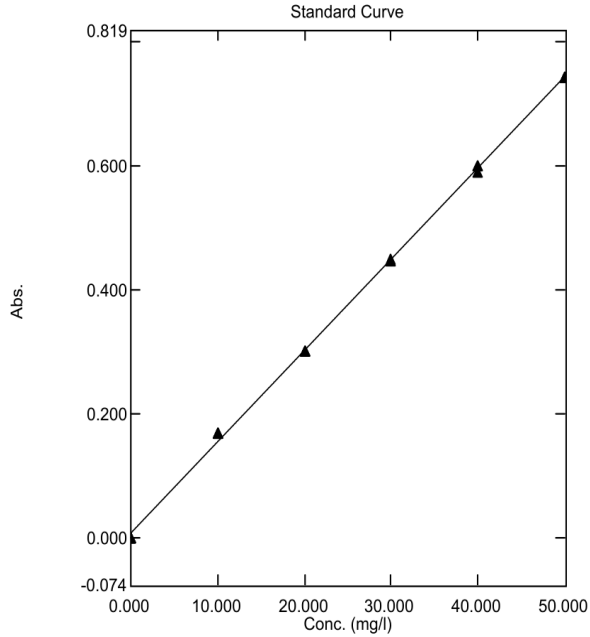
Pass Fail

Method Summary

Title:  
 Date/Time: 08/02/2018 09:24:08 AM  
 Comments:  
 Sample Preparations:

Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-1600 Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties



$y = 0.01471x + 0.00926$   
 Correlation Coefficient  $r^2 = 0.99922$

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Wgt.Factor	Comments
1	P. 0 ppm.1	Standard		0.000	0.000	1.000	
2	P. 0 ppm.2	Standard		0.000	0.000	1.000	
3	P. 0 ppm.3	Standard		0.000	0.000	1.000	
4	P. 10 ppm.1	Standard		10.000	0.170	1.000	
5	P. 10 ppm.2	Standard		10.000	0.169	1.000	
6	P. 10 ppm.3	Standard		10.000	0.169	1.000	
7	P. 20 ppm.1	Standard		20.000	0.302	1.000	
8	P. 20 ppm.2	Standard		20.000	0.302	1.000	
9	P. 20 ppm.3	Standard		20.000	0.302	1.000	

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Comments
1	Arang1	Unknown		21.172	0.321	
2	Arang2	Unknown		21.230	0.322	
3	Arang3	Unknown		21.222	0.321	
4	AC_KOH4.1	Unknown		20.840	0.316	
5	AC_KOH4.2	Unknown		19.238	0.292	
6	AC_KOH4.3	Unknown		19.114	0.290	
7	AC_KOH4_H2SO4.1	Unknown		13.794	0.212	
8	AC_KOH4_H2SO4.2	Unknown		13.363	0.206	
9	AC_KOH4_H2SO4.3	Unknown		13.296	0.205	

# Photometric Report

10/12/2018 08:08:57 AM

File Name: E:\2018\Bambang - S2\Kurva Standar Parasetamol.pho

Wavelengths  
 Wavelength Name: WL272.5  
 Wavelength: 272.50 nm

Calibration Curve  
 Column for Cal. Curve: WL272.5  
 Cal. Curve Type: Multi Point  
 Cal. Curve Unit: mg/l  
 Selected Wavelength: WL272.5  
 Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
 Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Measurement Parameters(Sample)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Equations

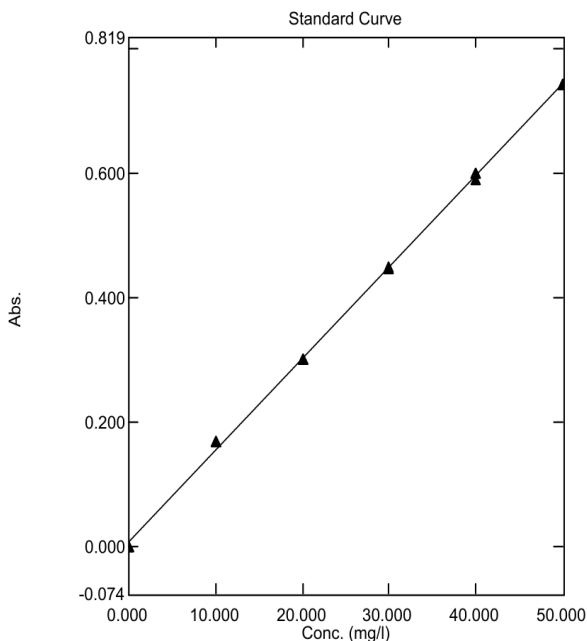
Pass Fail

Method Summary

Title:  
 Date/Time: 08/02/2018 09:24:08 AM  
 Comments:  
 Sample Preparations:

Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-1600 Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties



$y = 0.01471x + 0.00926$   
 Correlation Coefficient  $r^2 = 0.99922$

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Wgt.Factor	Comments
10	P. 30 ppm.1	Standard		30.000	0.448	1.000	
11	P. 30 ppm.2	Standard		30.000	0.449	1.000	
12	P. 30 ppm.3	Standard		30.000	0.448	1.000	
13	P. 40 ppm.1	Standard		40.000	0.590	1.000	
14	P. 40 ppm.2	Standard		40.000	0.601	1.000	
15	P. 40 ppm.3	Standard		40.000	0.601	1.000	
16	P. 50 ppm.1	Standard		50.000	0.744	1.000	
17	P. 50 ppm.2	Standard		50.000	0.744	1.000	
18	P. 50 ppm.3	Standard		50.000	0.744	1.000	

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Comments
10	Fe(OH)3/AC.1	Unknown		12.483	0.193	
11	Fe(OH)3/AC.2	Unknown		12.856	0.198	
12	Fe(OH)3/AC.3	Unknown		12.666	0.196	
13	Cu(OH)2/AC.1	Unknown		13.163	0.203	
14	Cu(OH)2/AC.2	Unknown		13.172	0.203	
15	Cu(OH)2/AC.3	Unknown		13.271	0.204	
16	Zn(OH)2/AC.1	Unknown		13.163	0.203	
17	Zn(OH)2/AC.2	Unknown		13.172	0.203	
18	Zn(OH)2/AC.3	Unknown		12.948	0.200	

# Photometric Report

10/12/2018 08:08:57 AM

File Name: E:\2018\Bambang - S2\Kurva Standar Parasetamol.pho

Wavelengths  
 Wavelength Name: WL272.5  
 Wavelength: 272.50 nm

Calibration Curve  
 Column for Cal. Curve: WL272.5  
 Cal. Curve Type: Multi Point  
 Cal. Curve Unit: mg/l  
 Selected Wavelength: WL272.5  
 Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
 Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Measurement Parameters(Sample)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Equations

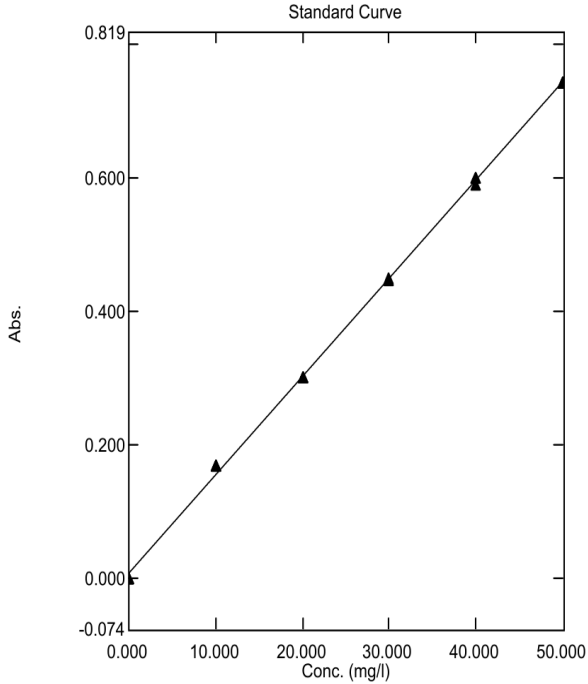
Pass Fail

Method Summary

Title:  
 Date/Time: 08/02/2018 09:24:08 AM  
 Comments:  
 Sample Preparations:

Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-1600 Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties



$y = 0.01471x + 0.00926$   
 Correlation Coefficient  $r^2 = 0.99922$

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Wgt.Factor	Comments
19							

Sample Table

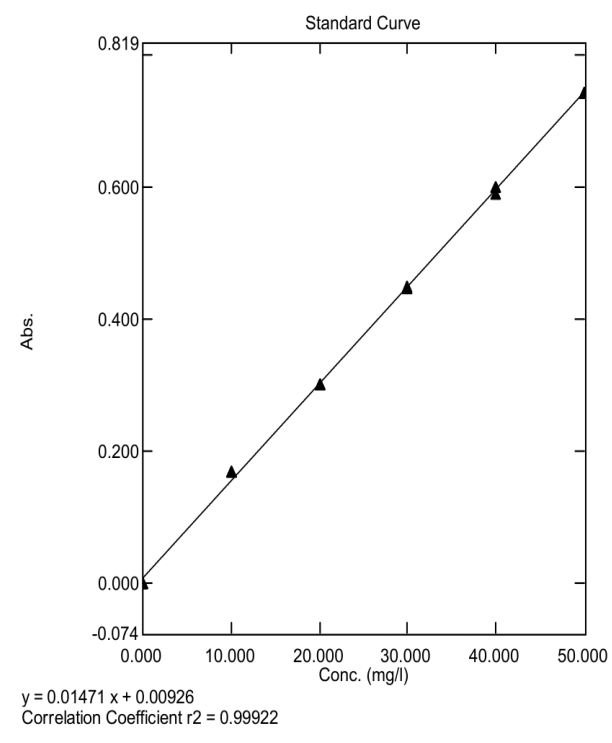
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Comments
19	Fe2O3/AC.1	Unknown		6.018	0.098	
20	Fe2O3/AC.2	Unknown		5.802	0.095	
21	Fe2O3/AC.3	Unknown		5.753	0.094	
22	CuO/AC.1	Unknown		0.425	0.016	
23	CuO/AC.2	Unknown		0.292	0.014	
24	CuO/AC.3	Unknown		0.250	0.013	
25	ZnO/AC.1	Unknown		7.802	0.124	
26	ZnO/AC.2	Unknown		7.836	0.125	
27	ZnO/AC.3	Unknown		7.836	0.125	

# Photometric Report

10/12/2018 08:08:57 AM

File Name: E:\2018\Bambang - S2\Kurva Standar Parasetamol.pho

**Wavelengths**  
 Wavelength Name: WL272.5  
 Wavelength: 272.50 nm  
  
**Calibration Curve**  
 Column for Cal. Curve: WL272.5  
 Cal. Curve Type: Multi Point  
 Cal. Curve Unit: mg/l  
 Selected Wavelength: WL272.5  
 Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
 Zero Interception: Not Selected  
  
**Measurement Parameters(Standard)**  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled  
  
**Measurement Parameters(Sample)**  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled  
  
**Equations**  
 Pass Fail  
  
**Method Summary**  
 Title:  
 Date/Time: 08/02/2018 09:24:08 AM  
 Comments:  
 Sample Preparations:  
  
**Instrument Properties**  
 Instrument Type: UV-1600 Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
 S/R Exchange: Normal  
  
**Attachment Properties**



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Comments
37	ZnCl2/AC.1	Unknown		15.197	0.233	
38	ZnCl2/AC.2	Unknown		15.205	0.233	
39	ZnCl2/AC.3	Unknown		15.197	0.233	
40	AwalP100.1	Unknown		19.081	0.290	
41	AwalP100.2	Unknown		19.130	0.291	
42	AwalP100.3	Unknown		19.122	0.291	
43						



# Photometric Report

10/12/2018 08:08:57 AM

File Name: E:\2018\Bambang - S2\Kurva Standar Parasetamol.pho

Wavelengths  
 Wavelength Name: WL272.5  
 Wavelength: 272.50 nm

Calibration Curve  
 Column for Cal. Curve: WL272.5  
 Cal. Curve Type: Multi Point  
 Cal. Curve Unit: mg/l  
 Selected Wavelength: WL272.5  
 Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
 Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Measurement Parameters(Sample)  
 Data Acquired by: Instrument  
 Delay sample read: Disabled  
 Repeat: Disabled

Equations

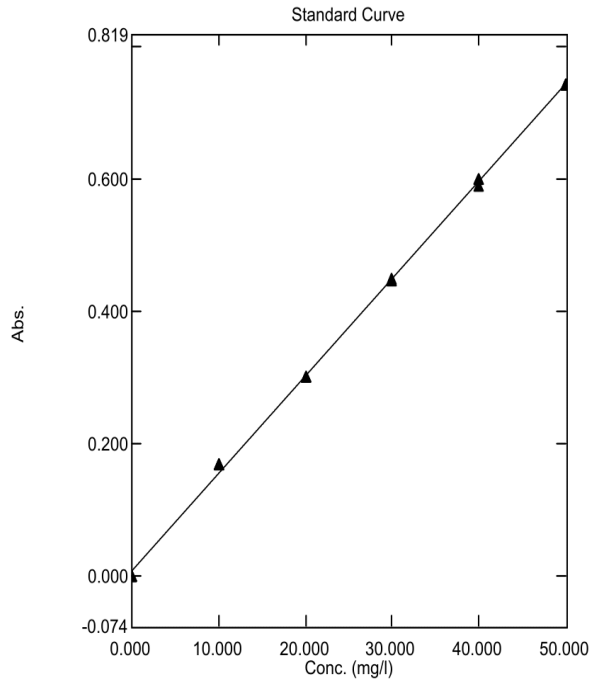
Pass Fail

Method Summary

Title:  
 Date/Time: 08/02/2018 09:24:08 AM  
 Comments:  
 Sample Preparations:

Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-1600 Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL272.5	Comments
28	Awal P.100ppm.1	Unknown		21.280	0.322	
29	Awal P.100ppm.2	Unknown		21.288	0.322	
30	Awal P.100ppm.3	Unknown		21.379	0.324	
31	FeCl3/AC.1	Unknown		17.520	0.267	
32	FeCl3/AC.2	Unknown		17.471	0.266	
33	FeCl3/AC.3	Unknown		17.471	0.266	
34	CuCl2/AC.1	Unknown		16.043	0.245	
35	CuCl2/AC.2	Unknown		16.093	0.246	
36	CuCl2/AC.3	Unknown		16.126	0.246	

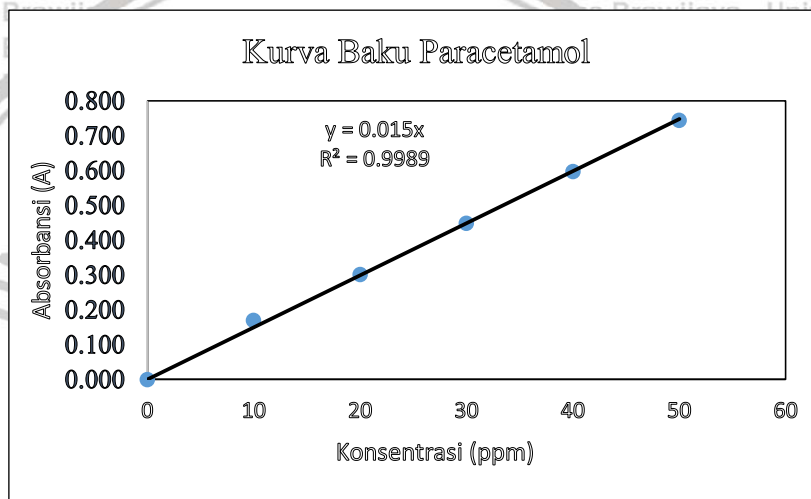
**Lampiran E. Kurva Baku Parasetamol.**

**E.1 Kurva Baku Parasetamol (Berbagai Adsorben)**

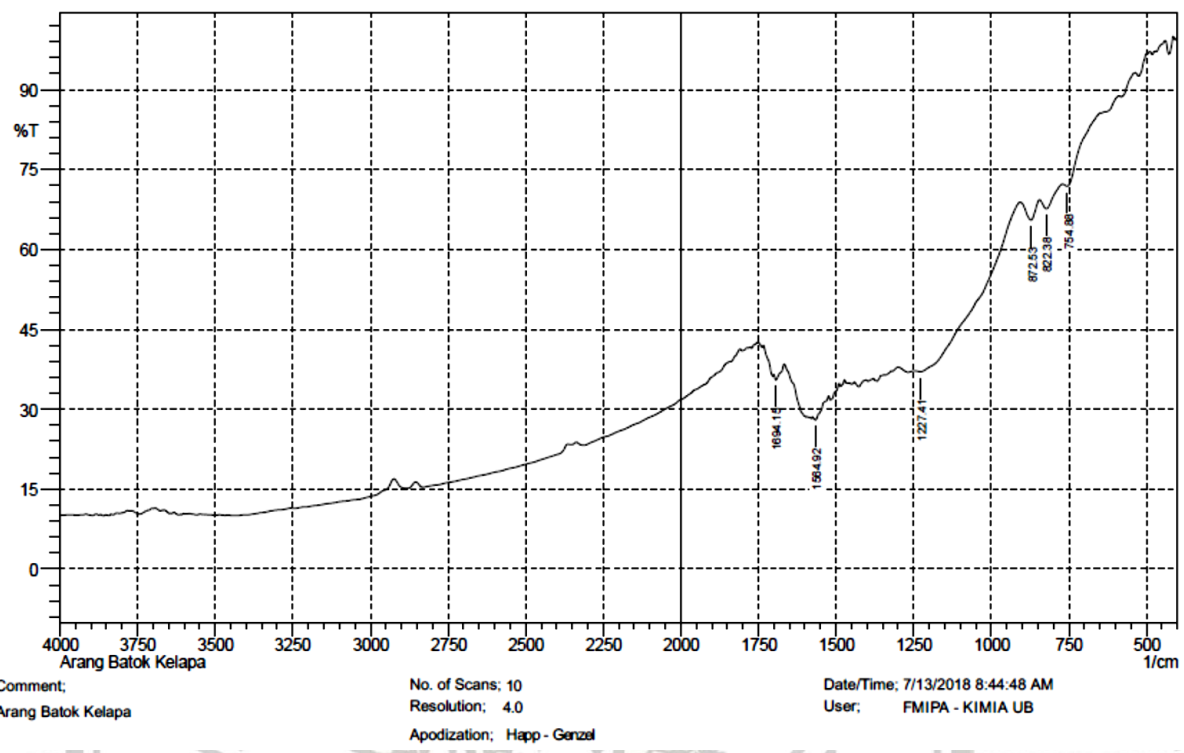
**Tabel E.1** Data konsentrasi dan absorbansi larutan baku parasetamol (berbagai adsorben)

Panjang gelombang maksimum = 272,5 nm

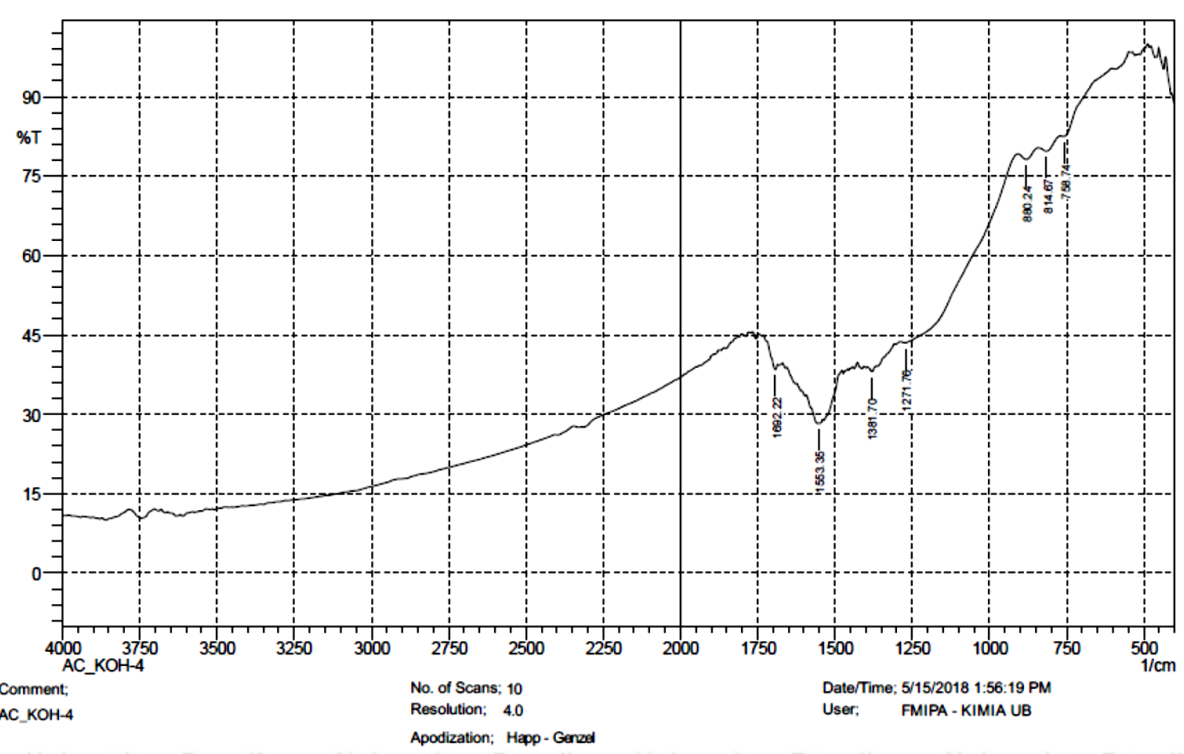
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)			
	1	2	3	rerata
0	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.170	0.169	0.169	0.169
20	0.302	0.302	0.302	0.302
30	0.448	0.449	0.448	0.448
40	0.590	0.601	0.601	0.597
50	0.744	0.744	0.744	0.744



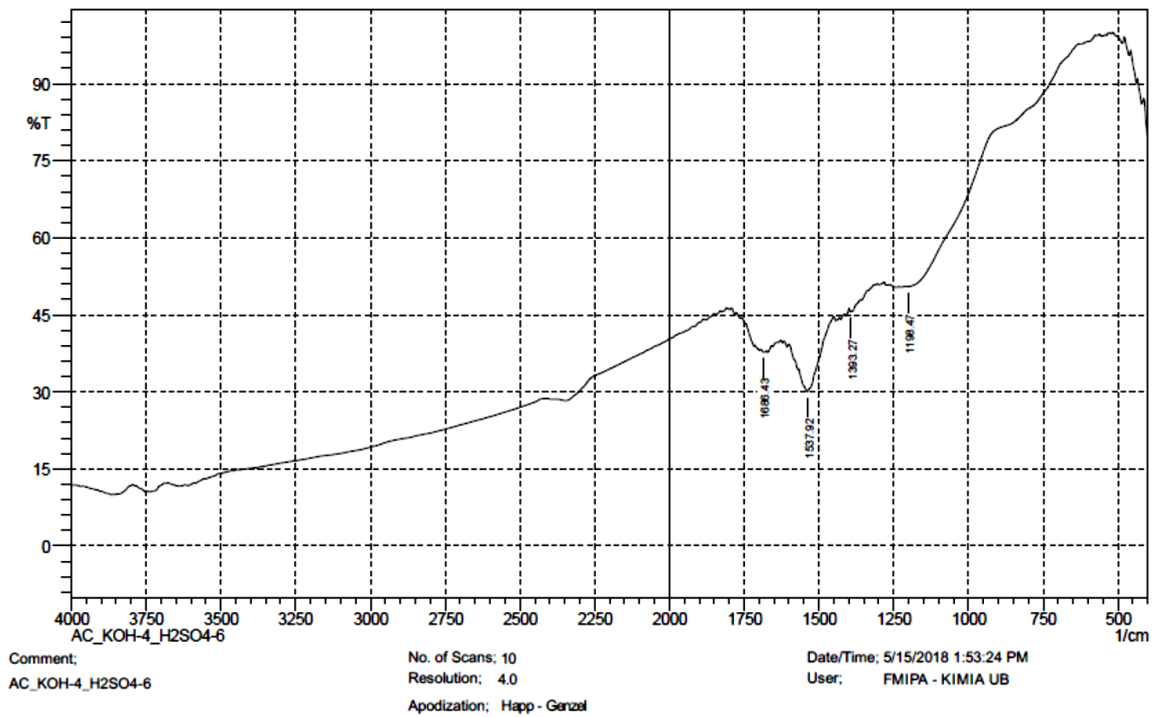
**Lampiran F. Data Karakterisasi IR**  
 F.1 Spektra IR arang tempurung kelapa.



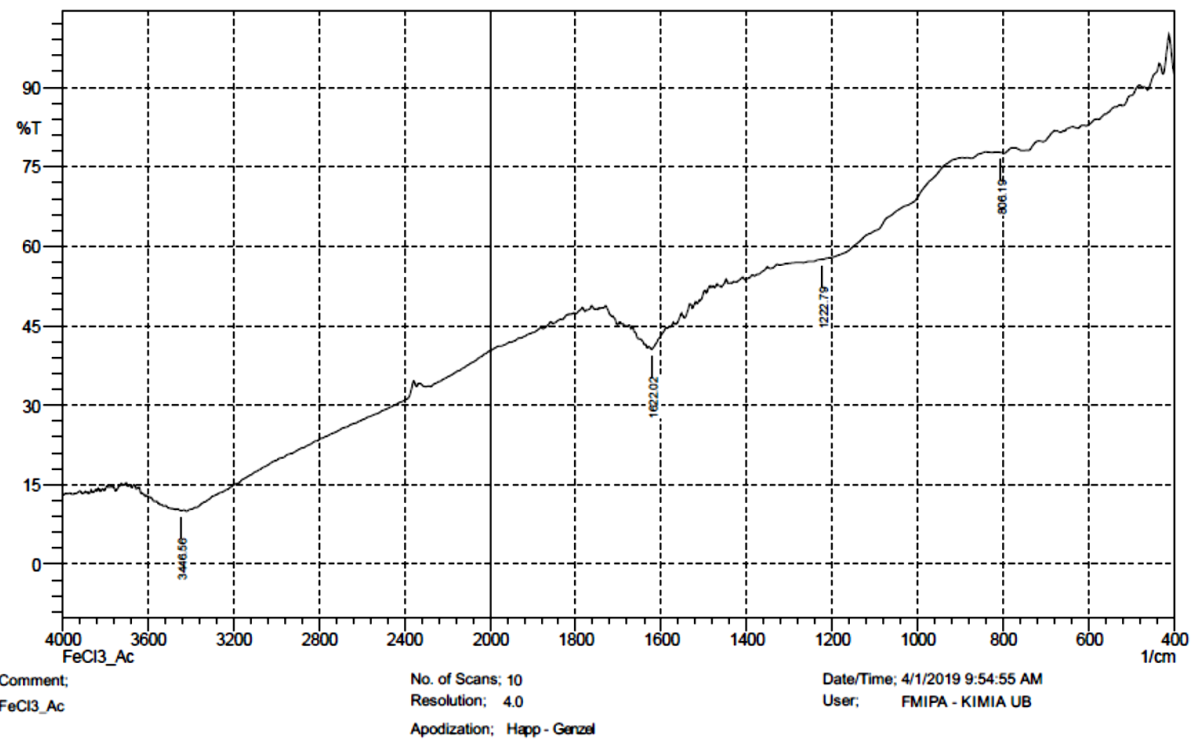
F.2 Spektra IR karbon aktif hasil oksidasi.



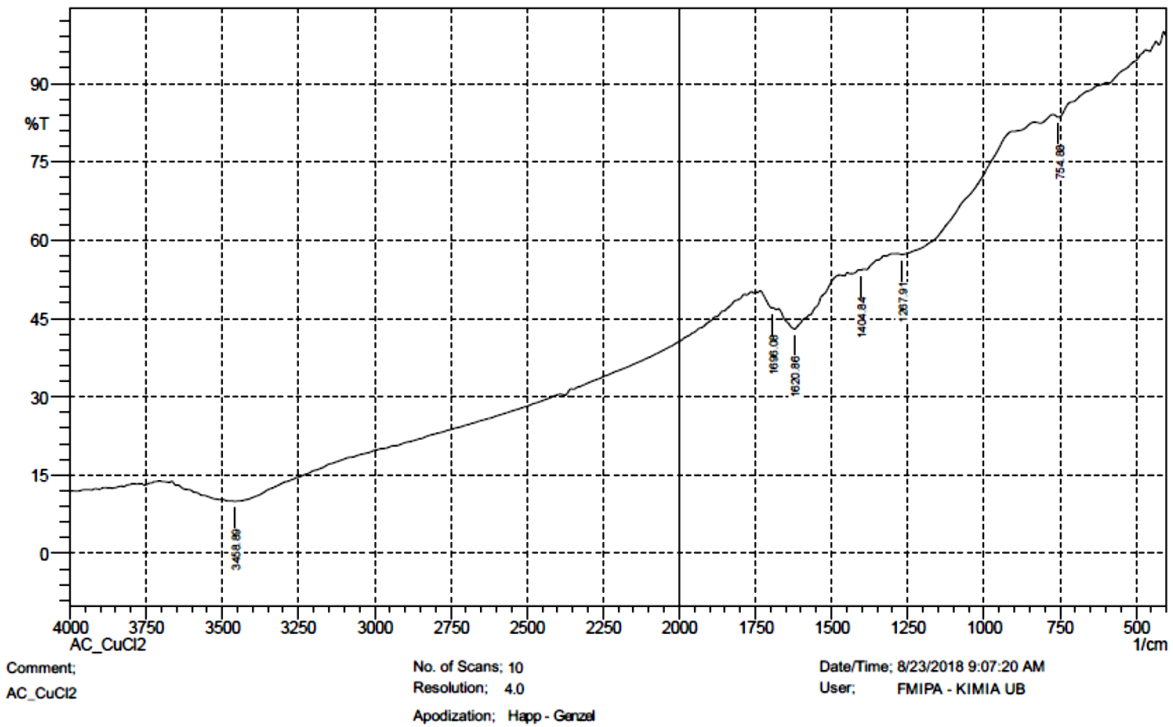
F.3 Spektra IR karbon aktif hasil fungsionalisasi.



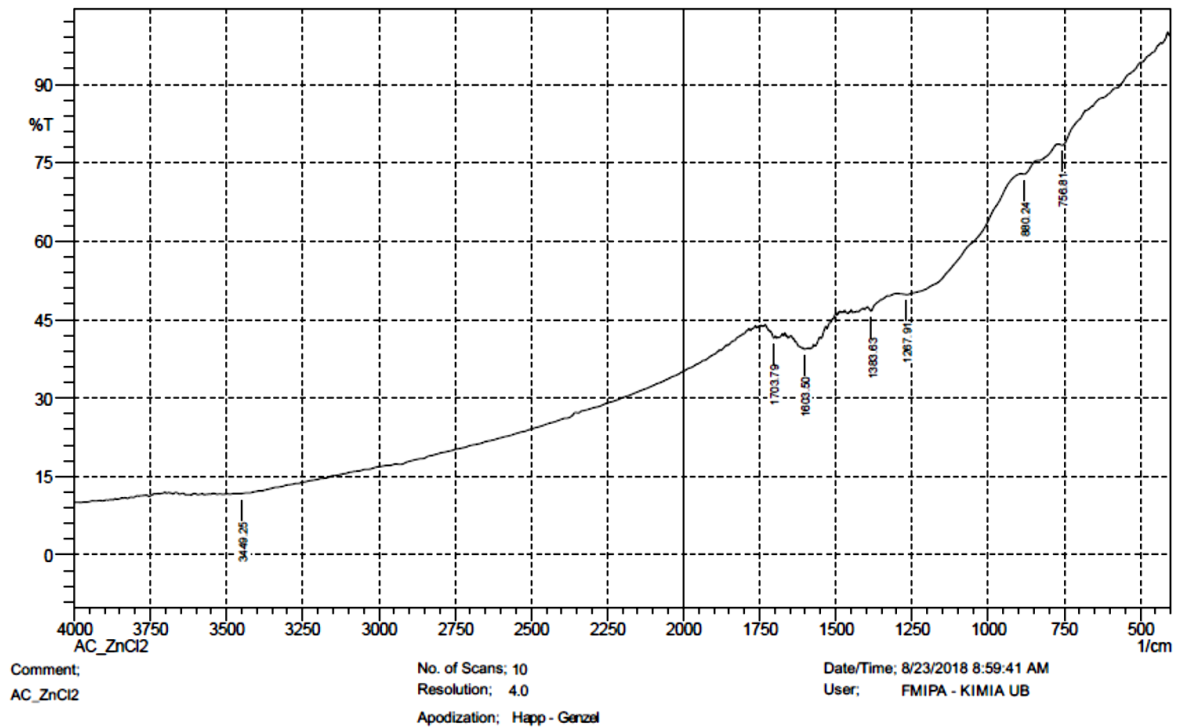
F.4 Spektra IR komposit FeCl<sub>3</sub>/AC.



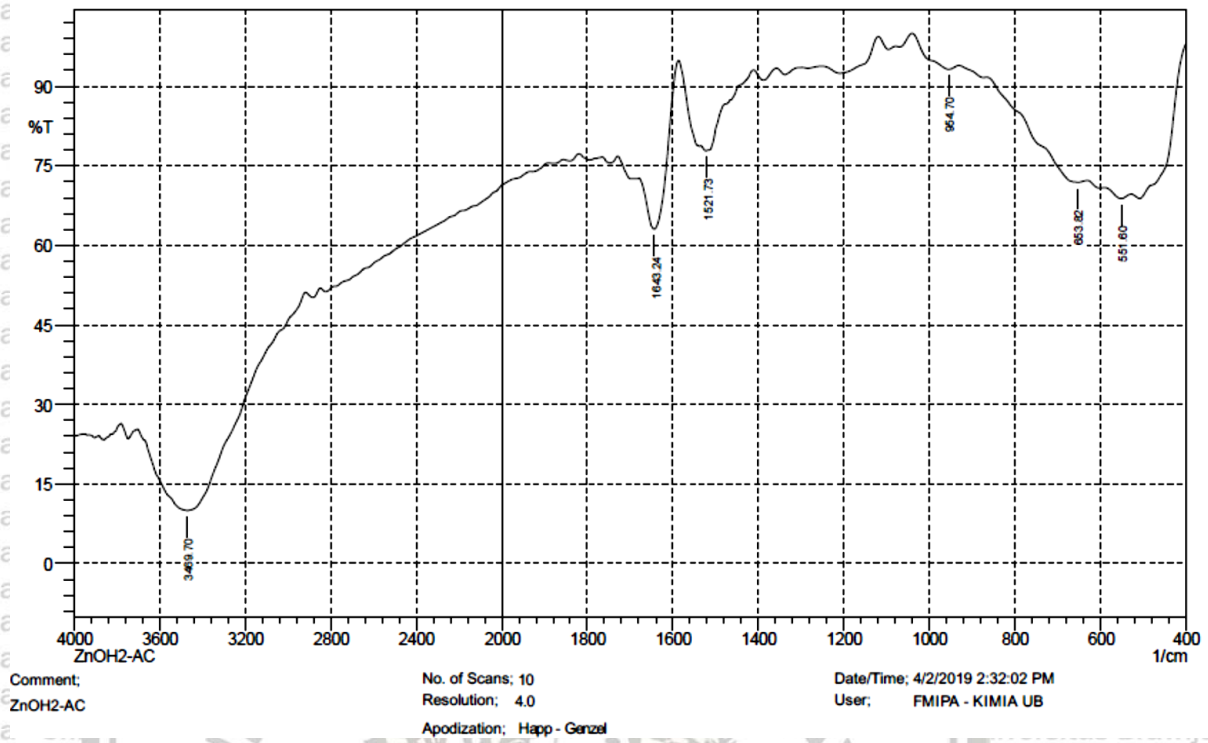
F.5 Spektra IR komposit  $\text{CuCl}_2/\text{AC}$ .



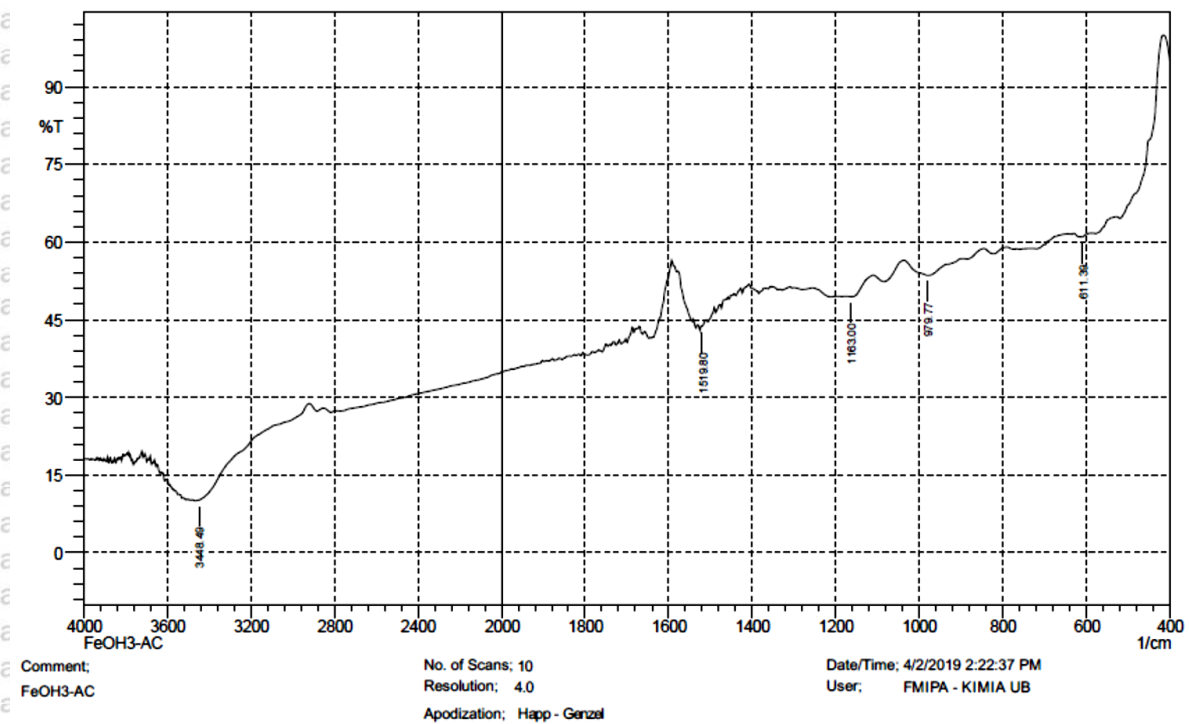
F.6 Spektra IR komposit  $\text{ZnCl}_2/\text{AC}$ .



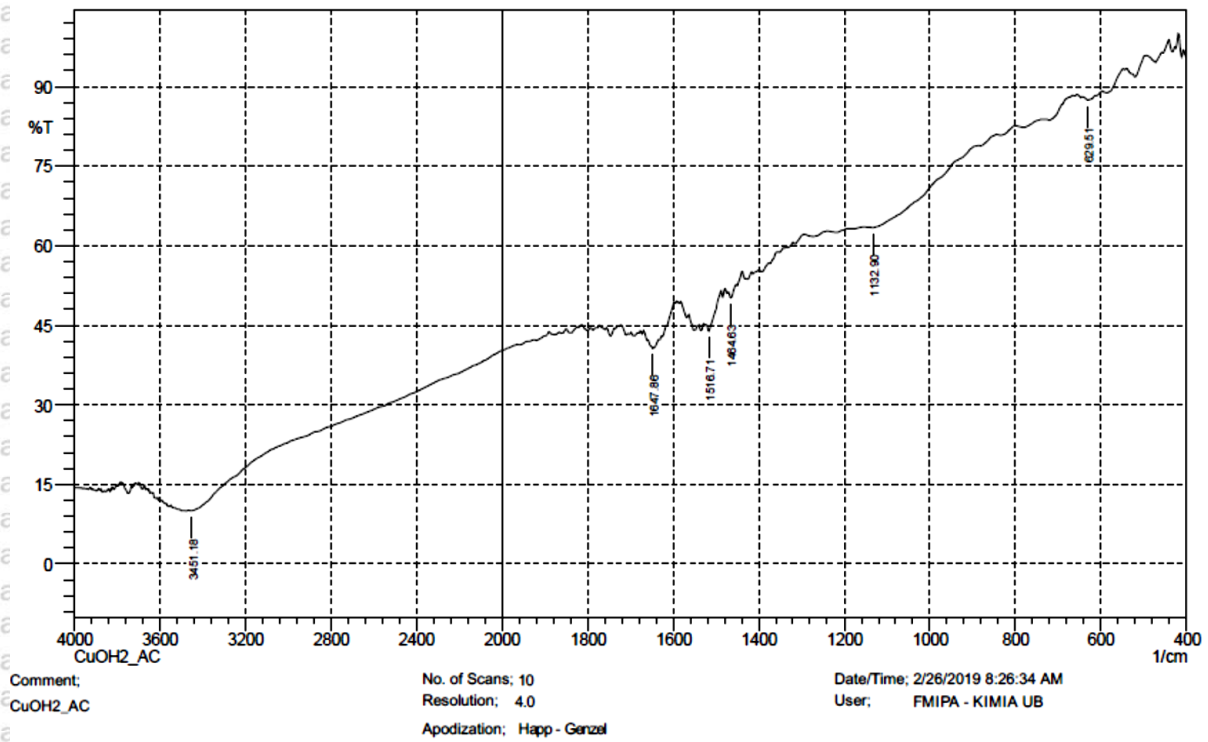
F.7 Spektra IR komposit karbon aktif dengan Zn(OH)<sub>2</sub>/AC.



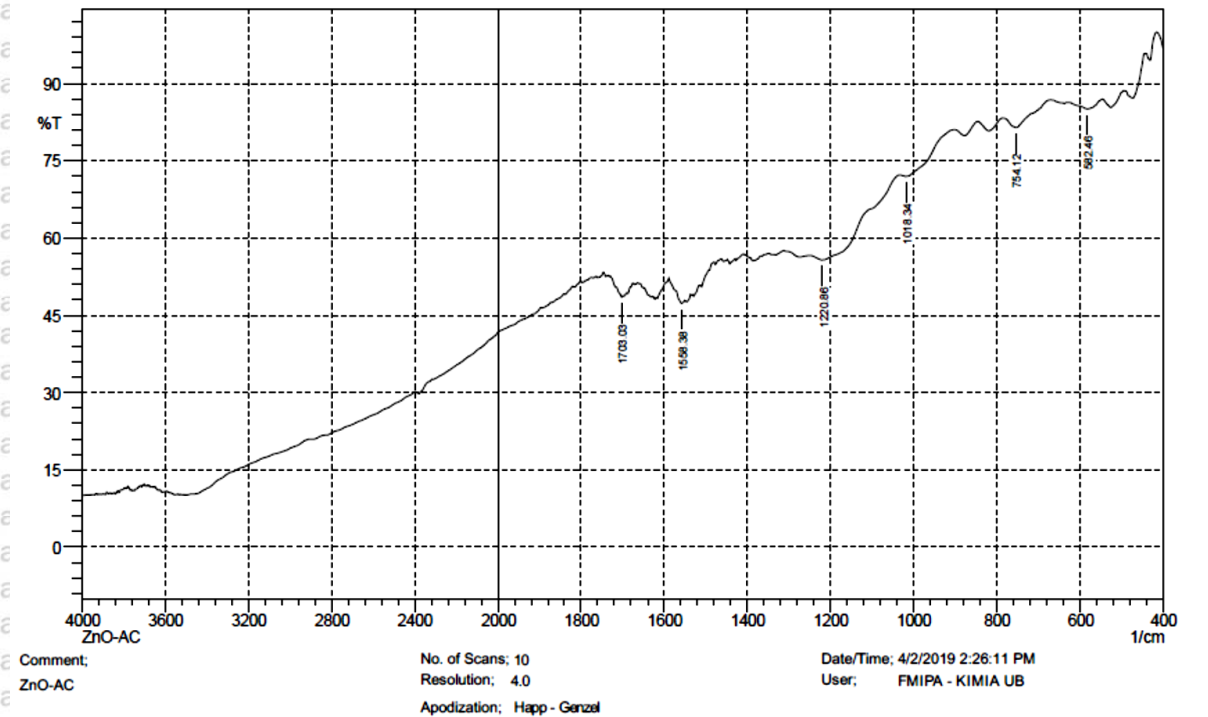
F.8 Spektra IR komposit Fe(OH)<sub>3</sub>/AC.



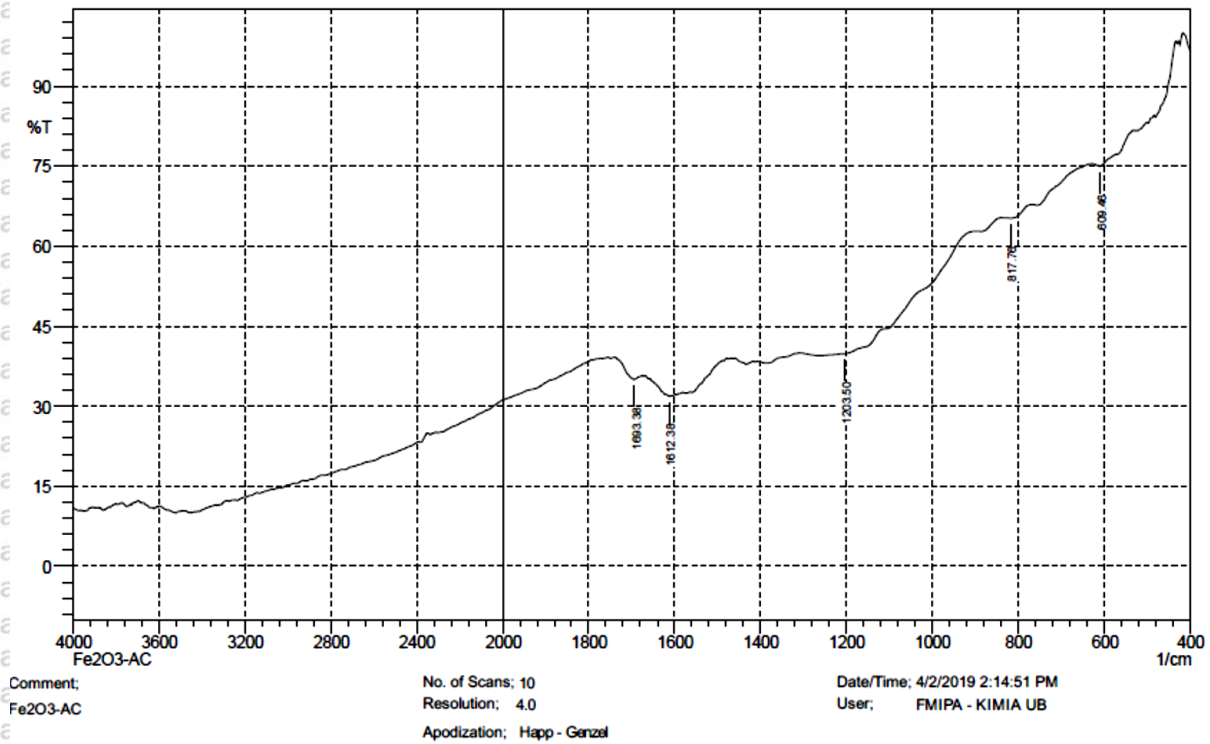
F.9. Spektra IR komposit  $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{AC}$ .



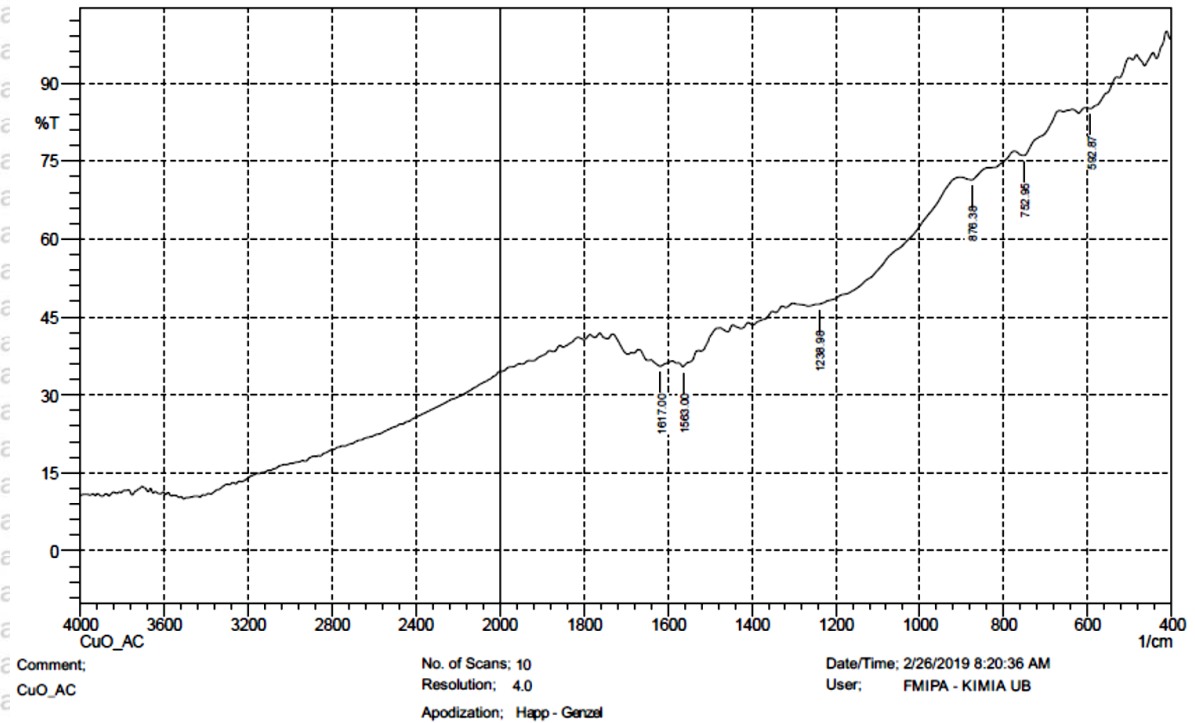
F.10. Spektra IR komposit  $\text{ZnO}/\text{AC}$ .



F.11. Spektra IR komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC.



F.12. Spektra IR komposit CuO/AC.





Lampiran G. Data Karakterisasi SEM-EDX

Microanalysis Report



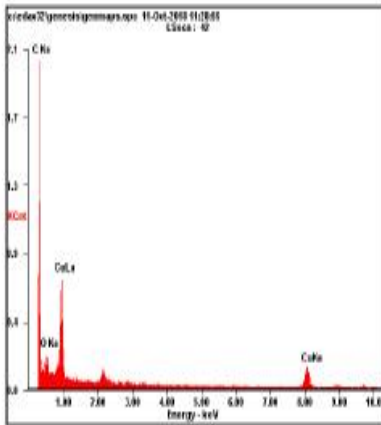
10/11/2018

Prepared for: Bambang Arianto - UB

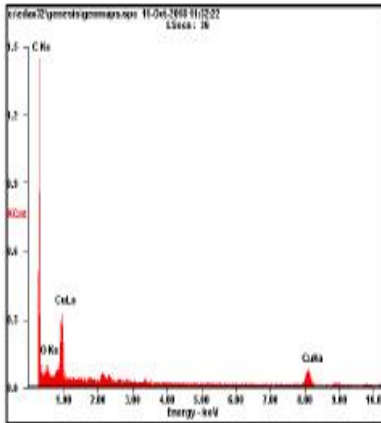
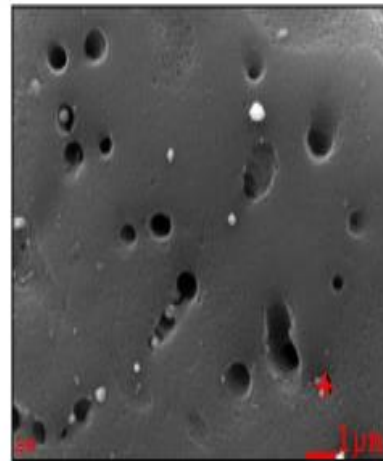


Prepared by: Laboratorium Sentral FMIPA UM

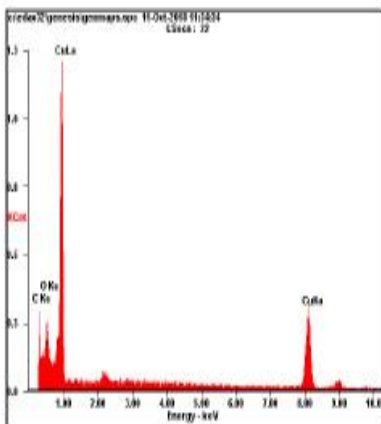
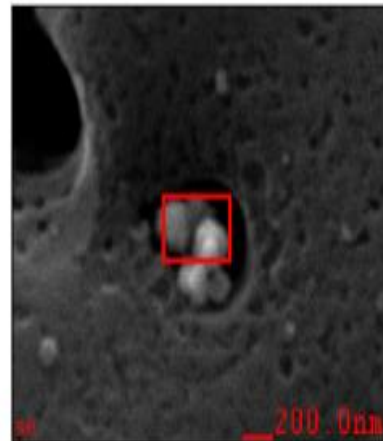
B682 (CuO/AC)



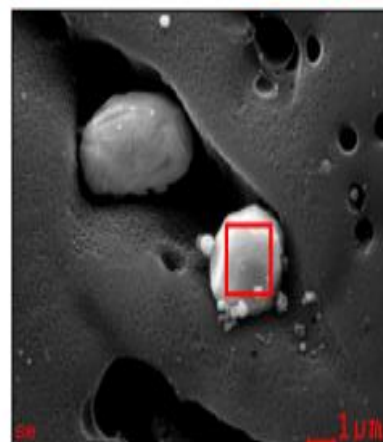
Element	Wt%	At%
CK	71.24	83.93
OK	14.60	12.91
CuK	14.17	03.15
Matrix	Correction	ZAF



Element	Wt%	At%
CK	77.81	88.88
OK	09.87	08.46
CuK	12.32	02.66
Matrix	Correction	ZAF



Element	Wt%	At%
CK	33.73	59.68
OK	18.28	24.28
CuK	47.98	16.04
Matrix	Correction	ZAF



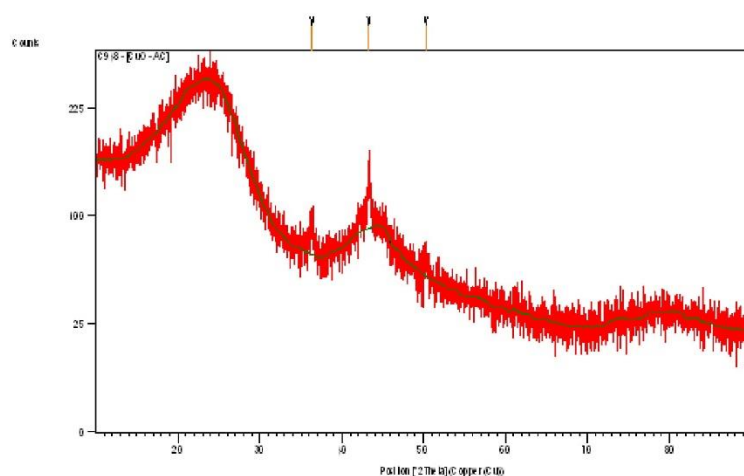
## Lampiran H. Data Karakterisasi XRD Komposit CuO/AC.

Date: 9/10/2018 Time: 3:10:19 PM File: C948 - [CuO - AC] User: State Univ of Malang

### Anchor Scan Parameters

Dataset Name: C948 - [CuO - AC]  
 File name: E:\X'Pert Data\2018\Non UMB\UB Bambang AVC948 - [CuO - AC].xrdml  
 Sample Identification: C948 - [CuO - AC]  
 Comment: Theta (10-90)  
 Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM  
 Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001  
 Sample stage=PW3071/xx Bracket  
 Diffractometer system=XPERT-PRO  
 Measurement program=Theta (10-90), Owner=User-1, Creation date=1/25/2018 8:59:22 AM  
 0.02 degpemin 46 min  
 Measurement Date / Time: 9/5/2018 2:55:57 PM  
 Operator: State Univ of Malang  
 Raw Data Origin: XRD measurement (\*.XRDML)  
 Scan Axis: Gonio  
 Start Position [°2Th.]: 10.0100  
 End Position [°2Th.]: 89.9900  
 Step Size [°2Th.]: 0.0200  
 Scan Step Time [s]: 0.7000  
 Scan Type: Continuous  
 Offset [°2Th.]: 0.0000  
 Divergence Slit Type: Fixed  
 Divergence Slit Size [°]: 0.9570  
 Specimen Length [mm]: 10.00  
 Receiving Slit Size [mm]: 0.1000  
 Measurement Temperature [°C]: 25.00  
 Anode Material: Cu  
 K-Alpha1 [Å]: 1.54060  
 K-Alpha2 [Å]: 1.54443  
 K-Beta [Å]: 1.39225  
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000  
 Generator Settings: 35 mA, 40 kV  
 Diffractometer Type: 0000000011063758  
 Diffractometer Number: 0  
 Goniometer Radius [mm]: 240.00  
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00  
 Incident Beam Monochromator: No  
 Spinning: No

### Graphics



### Peak List

1 Of 2

Date: 9/10/2018 Time: 3:10:19 PM File: C948 - [CuO - AC] User: State Univ of Malang

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
36.3132	25.88	0.4723	2.47400	41.63
43.2418	62.17	0.2362	2.09230	100.00
50.3200	11.91	1.1520	1.81184	19.16

Lampiran I. Lembar Bebas Plagiasi Naskah Tesis.



The image shows a plagiarism-free certificate from Universitas Brawijaya. On the left, there is a vertical banner for 'plagiarism-detector' with the tagline 'Cutting-edge class tool for plagiarism detection and prevention'. The main header includes the university's name and logo, along with the number '19 0700 T'. The certificate is titled 'SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI' and provides the following details:

- Nomor: 1164/UN10.F40/PN/2019
- Sertifikat ini diberikan kepada:
- Nama : Bambang Arianto
- NIM : 176090200111010
- Program Studi : Program Magister Kimia
- Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- Universitas : Universitas Brawijaya

The thesis title is 'Modifikasi Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Senyawa Logam-logam Transisi untuk Adsorpsi Polutan Organik'. It states that the work was detected to be free of plagiarism on May 28, 2019, with a tolerance rate of ≤ 5%. The certificate is signed by Prof. Dr. Marjono, M.Phil (NIP. 196211161988031004) as the Director, and Indah Yanti, S.Si., M.Si. (NIP. 19791129 200501 2 002) as the Head of the Journal Publication Body, both in Malang on May 28, 2019.



Lampiran J. Sertifikat *Presenter Basic* 2019.



Lampiran K. Sertifikat Pelatihan dan Accepted Letter jurnal JPACR.



**The Journal of  
Pure and Applied Chemistry Research**  
p-ISSN 2302-4690 | e-ISSN : 2541-0733

Memberikan penghargaan atas kontribusi saudara/saudari

**Bambang Arianto**


dalam "Workshop Pendampingan Penulisan Artikel Ilmiah untuk Publikasi Jurnal Internasional" di Ruang Pertemuan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.  
Hari Sabtu / 15 Desember 2018 sebagai

**Peserta**

Malang, 15 Desember 2018

  
Dekan FMIPA Universitas Brawijaya  
Drs. Adi Susilo, Ph.D.

  
Journal Manager  
Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D.

 **Bambang Arianto <bambangchem98@gmail.com>**

---

**[JPACR] Editor Decision**  
1 pesan

---

Masruri, Ph.D <jpacr@ub.ac.id> 12 Juni 2019 14.  
Balas Ke: "Masruri MASRURI, Ph.D" <masruri@ub.ac.id>  
Kepada: Bambang Arianto <bambangchem98@gmail.com>  
Cc: Tutik Setianingsih <tutikchem99@gmail.com>, Barlah Rumhayati <rumhayati\_barlah@ub.ac.id>

Bambang Arianto:

We have reached a decision regarding your submission to The Journal of Pure and Applied Chemistry Research, "Modification of Activated Carbon from Coconut Shell Charcoal with Copper (CuCl<sub>2</sub>/AC, Cu(OH)<sub>2</sub>/AC, CuO/AC) for Adsorption of Paracetamol Contaminant".

Our decision is to accept your submitted manuscript as a research article for volume 8 issue number 2 edition May-August 2019. The abstract and full text soon can be accessed as an open-access article (Open access policy is applied).

Thank you for publishing with us and please do not hesitate to contact us if you have any inquiry. Our admin will contact you soon after completion from editing editor.

Masruri MASRURI, Ph.D  
Department of Chemistry, Brawijaya University  
[masruri@ub.ac.id](mailto:masruri@ub.ac.id)

---

Editor in Chief  
The Journal of Pure and Applied Chemistry Research