



**SINTESIS KOMPOSIT *BEADS* KITOSAN/ARANG  
AKTIF TEMPURUNG KELAPA UNTUK ADSORPSI  
ION Cu(II) DALAM AIR**

Skripsi  
disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

oleh  
Ikhsan Fadilah Basir  
4311412014

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 14 Februari 2017  
Penulis



Ikhsan Fadilah Basir  
4311412014

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Sintesis Komposit *Beads* Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa untuk  
Adsorpsi Ion Cu(II) dalam Air

disusun oleh

Ikhsan Fadilah Basir

4311412014

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 14 Februari 2017.



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si, Akt  
196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayati, M.Si  
196910231996032002

Ketua Penguji

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si  
196904041994021001

Anggota Penguji/  
Pembimbing I

Dr. F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si  
196912171997022001

Anggota Penguji/  
Pembimbing II

Dr. Sri Haryani, M.Si  
195808081983032002

## MOTTO

Sabar, berpikir positif, dan berserah diri pada Allah SWT dalam menghadapi rintangan dan cobaan.

## PERSEMBAHAN

Untuk Almarhum Bapak H.Budjaeri

Ibu Hj.Chaeriyah

Bibi Nur, Bibi Ziyah dan Bibi Fat

Keluarga



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis Komposit *Beads* Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Ion Cu(II) Dalam Air”.

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains program studi kimia di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. F. Widhi Mahatmanti, S.Si., M.Si. selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Dr. Sri Haryani, M.Si. selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Agung Tri Prasetya S.Si., M.Si. selaku Penguji utama yang telah memberikan kritik dan saran untuk penulis dalam penyusunan skripsi.

6. Segenap Teknisi dan Asisten Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan saran dan menjadi teman diskusi selama penelitian.
7. Teman-teman Jurusan Kimia angkatan 2012 yang telah memberikan inspirasi dan menjadi teman berbagi selama menempuh masa studi di Universitas Negeri Semarang.

Semoga Skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi perkembangan penelitian selanjutnya.

Semarang, 14 Februari 2017

Penulis



## ABSTRAK

Basir, Ikhsan Fadilah. 2017. *Sintesis Komposit Beads Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Ion Cu(II) Dalam Air*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama : Dr. F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si dan Pembimbing Pendamping: Dr. Sri Haryani, M.Si.

Kata kunci : arang aktif, kitosan *beads*, adsorpsi ion Cu(II)

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis komposit *beads* dari arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$  dan kitosan. Komposit dibuat dengan perbandingan arang aktif dan kitosan 50:50%. Arang aktif dalam sintesis komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa telah diuji kualitas mutunya berdasarkan SII. 0258-79. Karakterisasi gugus fungsi menunjukkan gugus fungsi khas kitosan dalam komposit *beads*. Karakterisasi permukaan menunjukkan luas permukaan dari arang aktif  $19,595 \text{ m}^2/\text{g}$ , kitosan *beads*  $3,826 \text{ m}^2/\text{g}$ , dan komposit *beads*  $1,041 \text{ m}^2/\text{g}$ . Arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori. Hasil optimasi adsorpsi ion Cu(II) menunjukkan bahwa pH optimum diperoleh pada pH 5. Waktu kontak optimum selama 90 menit dicapai oleh arang aktif, dan selama 120 menit dicapai oleh kitosan *beads* dan komposit *beads*. Kapasitas adsorpsi ion Cu(II) arang aktif  $1,064 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ , kitosan *beads*  $5,663 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$  dan komposit *beads*  $5,960 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ .



## ABSTRACT

Basir, Ikhsan Fadilah. 2017. *Synthtesis of Chitosan/Coconut Shell Active Charcoal Composite Beads for Removal Copper(II) From Aqueous Solution* Undergraduate Thesis. Department of Chemistry Faculty of Mathematics and Natural Science Semarang State University.

Primary Supervisor: Dr. F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si and Supervising Companion: Dr. Sri Haryani, M.Si.

Keywords : active charcoal, chitosan *beads*, Ion Cu(II) adsorption

Have performed studies about composite beads synthesis from coconut shell active charcoal activated by  $ZnCl_2$  and chitosan. The composite made by the comparison between active charcoal and chitosan 50:50%. Activated charcoal in the synthesis of chitosan/coconut shell active charcoal composite beads have been tested the quality by SII. 0258-79. Characterization of functional groups showed functional groups of chitosan in the composite beads. Characterization of the surface shows a surface area of activated charcoal  $19.595 \text{ m}^2/\text{g}$ , chitosan *beads*  $3.826 \text{ m}^2/\text{g}$ , dan composite *beads*  $1.041 \text{ m}^2/\text{g}$ . Activated charcoal, chitosan beads, and composite beads are mesoporous. Adsorption studies result shows that pH 5 is obtained as a pH optimum. Equilibrium contact time of 90 minutes was achieved by active charcoal, 120 minutes by chitosan *beads*, and composite *beads*. Adsorption capacity of Cu (II) activated charcoal  $1.064 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ , chitosan beads  $5.663 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ , and composite beads  $5.960 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ .

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tempurung Kelapa .....	6
2.2 Arang Aktif.....	7
2.2.1 Pembuatan Arang Aktif.....	8
2.2.2 Pengujian Mutu Arang Aktif.....	10
2.3 Kitosan.....	11
2.4 Komposit .....	13
2.4.1 Fase Matriks Komposit.....	14
2.4.2 Fase Penguat dalam Komposit .....	15
2.5 <i>Surface Area Analyzer</i> .....	16
2.6 FT-IR .....	17

2.7 Adsorpsi.....	17
2.7.1 Jenis-Jenis Adsorpsi .....	18
2.7.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi.....	19
2.8 Logam Berat Cu.....	20
2.9 Isoterm Adsorpsi.....	21
2.9.1 Isoterm Adsorpsi Freundlich .....	21
2.9.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	21
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi Penelitian .....	23
3.2 Variabel Penelitian.....	23
3.2.1 Variabel Bebas.....	23
3.2.2 Variabel Terikat.....	23
3.2.3 Variabel Terkendali .....	23
3.3 Alat dan Bahan .....	24
3.3.1 Alat .....	24
3.3.2 Bahan.....	25
3.4 Prosedur Penelitian .....	26
3.4.1 Proses Pembuatan Arang.....	26
3.4.2 Aktivasi Arang.....	27
3.4.3 Pengujian Kualitas Arang Aktif .....	27
3.4.4 Sintesis Kitosan <i>Beads</i> .....	28
3.4.5 Sintesis Komposit <i>Beads</i> Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa.....	29
3.4.6 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR.....	29
3.4.7 Karakterisasi Permukaan Adsorben Menggunakan SAA.....	29
3.4.8 Penentuan Kondisi Adsorpsi Optimum .....	30
3.4.9 Penentuan Efisiensi Adsorpsi .....	31
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Sintesis Arang Aktif Tempurung Kelapa .....	32
4.1.1 Kadar Air .....	33
4.1.2 Kadar Abu .....	34

4.1.3 Daya Serap Arang Aktif Terhadap I <sub>2</sub> .....	34
4.2 Sintesis Kitosan <i>Beads</i> .....	35
4.3 Sintesis Komposit <i>Beads</i> .....	36
4.4 Karakterisasi Gugus Fungsi.....	37
4.5 Karakterisasi Permukaan Adsorben.....	39
4.6 Penentuan Kondisi Adsorpsi Optimum .....	42
4.6.1 Penentuan pH Optimum .....	42
4.6.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	44
4.6.3 Penentuan Konsentrasi Optimum .....	46
4.7 Isoterm Adsorpsi.....	48
4.8 Efisiensi Adsorpsi.....	51
<b>BAB 5 PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	56
<b>LAMPIRAN</b> .....	61



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Syarat mutu arang aktif.....	10
Tabel 2.2 Karakteristik gugus fungsi kitosan.....	17
Tabel 4.1 Karakteristik permukaan adsorben.....	39
Tabel 4.2 Perbandingan karakteristik luas permukaan adsorben.....	40
Tabel 4.3 Adsorpsi ion Cu(II) pada pH optimum.....	44
Tabel 4.4 Adsorpsi ion Cu(II) pada waktu kontak optimum.....	46
Tabel 4.5 Adsorpsi ion Cu(II) pada konsentrasi optimum.....	48
Tabel 4.6 Kapasitas adsorpsi dan konstanta Langmuir.....	50
Tabel 4.7 Kapasitas adsorpsi dan konstanta Freundlich.....	50
Tabel 4.8 Mol teradsorpsi dalam larutan limbah buatan.....	53

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur grafit dan karbon .....	8
Gambar 2.2 Struktur kitosan .....	11
Gambar 3.1 Tempat pengarangan .....	26
Gambar 4.1 Kompleks kitosan dengan asam karboksilat .....	35
Gambar 4.2 Spektra FT-IR kitosan powder, kitosan beads, dan komposit beads .....	38
Gambar 4.3 Kurva penentuan pH optimum ion Cu(II) .....	43
Gambar 4.4 Kurva penentuan waktu kontak optimum ion Cu(II) .....	45
Gambar 4.5 Kurva penentuan konsentrasi optimum ion Cu(II) .....	47
Gambar 4.6 Kurva isoterm Langmuir .....	49
Gambar 4.7 Kurva isoterm Freundlich .....	50
Gambar 4.8 Grafik Efisiensi adsorpsi adsorben dalam limbah buatan .....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema kerja .....	61
Lampiran 2 Pembuatan larutan .....	70
Lampiran 3 Dokumentasi .....	77
Lampiran 4 Uji kualitas arang aktif .....	78
Lampiran 5 Penentuan pH optimum ion Cu(II) .....	83
Lampiran 6 Penentuan waktu kontak optimum ion Cu(II) .....	86
Lampiran 7 Penentuan konsentrasi optimum ion Cu(II) .....	89
Lampiran 8 Isoterm adsorpsi .....	92
Lampiran 9 Efisiensi adsorpsi .....	98
Lampiran 10 Spektra IR produk hasil sintesis .....	102
Lampiran 11 BET produk hasil sintesis .....	105
Lampiran 12 Hasil analisa AAS .....	102



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberadaan logam berat sebagai polutan bagi lingkungan hidup diawali dengan evolusi umat manusia dan meningkat seiring dengan berkembangnya populasi dan industrialisasi dari proses modernisasi manusia itu sendiri. Logam berat adalah senyawa kimia yang berupa logam dengan berat molekul yang tinggi dan memiliki sifat beracun. Keberadaannya di air atau air limbah dengan konsentrasi melebihi ambang batas dapat memberikan dampak negatif bagi siklus biologi yang normal di lingkungan. Logam berbeda dengan polutan berbahaya lainnya karena logam bersifat tidak terdegradasi, dapat terakumulasi pada jaringan hidup, dan terkonsentrasi pada rantai makanan (Dantas, *et al.*, 2003).

Salah satu jenis logam jenis logam yang efek negatifnya sangat serius adalah limbah Cuprum (Cu). Cuprum merupakan golongan logam berbahaya karena berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan paru – paru, kanker, hingga kematian. Industri elektroplating berpotensi besar menghasilkan limbah tembaga. Pada pelapisan logam yang menggunakan tembaga, elektrolit yang digunakan mengandung ion Cu dimana setelah proses electroplating selesai, sisa larutan elektrolit yang masih mengandung ion Cu langsung dibuang sebagai limbah perairan (Hastui & Tulus, 1990)

Berbagai teknik pengambilan logam berat dari air telah dikembangkan, misalnya filtrasi, pengendapan secara kimia, adsorpsi pertukaran ion, *electro-deposition*, dan sistem membran. Proses adsorpsi telah terbukti efektif dengan perlakuan proses yang ekonomis. Kasus pengolahan air dengan adsorpsi terjadi proses pada antarmuka antara padatan adsorben dengan air yang terkontaminasi (Wang, *et al.*, 2011).

Pada umumnya karbon aktif digunakan sebagai adsorben. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Sembiring & Sinaga, 2003). Tempurung kelapa kebanyakan hanya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, ketersediaannya yang melimpah dianggap masalah lingkungan padahal tempurung kelapa dapat diolah menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai arang aktif. Arang aktif dari tempurung kelapa telah dilaporkan sebagai adsorben yang baik untuk menurunkan logam Cd(II) (Gaikwad, 2004). Penurunan logam Cr(VI), Cr(III), As(V) (Gueu *et al.*, 2007) dan penurunan Pb dan pewarna kationik oleh (Pino *et al.*, 2006).

Peningkatan mutu arang aktif dapat menggunakan bahan kimia seperti zink klorida (ZnCl<sub>2</sub>) sebagai pengaktifnya. Menurut Fernandez & Delgado (1994), karbon aktif hasil pengaktifan kimiawi dengan ZnCl<sub>2</sub> memiliki kapasitas adsorpsi



lebih tinggi terhadap  $I_2$  dibandingkan dengan hasil pengaktifan uap, bahkan lebih tinggi dari karbon aktif komersial. Menurut Rahman & Saad (2003) pengaktifan karbon aktif tanpa penambahan bahan kimia akan menghasilkan karbon aktif yang tidak maksimal dalam proses adsorbsinya dibandingkan dengan pengaktifan menggunakan bahan kimia seperti  $ZnCl_2$ . Ini terlihat pada jumlah adsorbat yang teradsorpsi, pada karbon aktif teraktifkan dengan  $ZnCl_2$  dapat mengadsorpsi sebesar 98%, sedangkan tanpa bahan kimia 50%.

Kitosan merupakan deasetilasi produk kitin. Kitosan merupakan material biopolimer alami yang sangat melimpah ke dua di bumi dibawah selulosa. Kitosan bersifat *biocompatible*, *biodegradable*, antimikroba, tidak beracun dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Keberadaan gugus amida dalam kitin dan gugus amina dalam kitosan telah menjadikan kitin dan kitosan sebagai adsorben yang mampu mengikat ion logam berat (Herwanto *et al.*, 2006). Berdasarkan penelitian Hydari *et al.*, (2012) kitosan dapat menurunkan logam berat Cadmium sebanyak 98% pada pH 6.

Hydari *et al.*, (2012) melakukan penelitian dengan membandingkan kitosan, arang aktif, dan komposit kitosan/arang aktif untuk menyerap logam Cadmium dalam larutan. Kapasitas adsorpsi yang dari kitosan dan arang aktif sebesar 10,3 mg/g dan 10 mg/g sementara komposit kitosan/arang aktif memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi dibanding kitosan dan arang aktif yaitu sebesar 52,63 mg/g. Nitayaphat (2014) mengatakan bahwa penambahan arang aktif pada komposit *beads* kitosan dapat meningkatkan *surface area* dari komposit. Menurut

Nitayaphat (2014) rasio berat terbaik komposit beads kitosan/arang aktif adalah 50/50 dengan *surface area* 34,34 m<sup>2</sup>/g.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan adsorben untuk ion Cu(II) berupa komposit yang dibuat dengan menggabungkan arang aktif tempurung kelapa teraktivasi ZnCl<sub>2</sub> dengan kitosan. Penambahan kitosan diharapkan dapat menambahkan kemampuan adsorpsi kimia terhadap arang aktif termodifikasi ZnCl<sub>2</sub> untuk adsorpsi ion Cu(II). Komposit dibuat berbentuk *beads* yang berupa butiran-butiran kecil dengan jari-jari pori besar. Menurut Cahyaningrum *et al.*, (2008) pada bentuk *beads* terjadi perubahan pada sifat fisik dari kitosan serbuk yaitu jari-jari pori *beads* jauh lebih besar dibanding jari -jari pori kitosan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan judul dan uraian diatas, permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakter adsorben komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi ZnCl<sub>2</sub>?
2. Bagaimana hasil optimasi adsorpsi ion Cu(II) dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion Cu(II) pada komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi ZnCl<sub>2</sub>?
3. Berapa nilai kapasitas adsorpsi komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi ZnCl<sub>2</sub>?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakter adsorben komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .
2. Mengetahui hasil optimasi adsorpsi ion  $Cu(II)$  dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion  $Cu(II)$  pada komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .
3. Mengetahui kapasitas adsorpsi dari komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan informasi tentang adsorben komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .
2. Memberikan informasi mengenai pH optimum, waktu kontak optimum dan konsentrasi optimum adsorpsi ion  $Cu(II)$  oleh komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .
3. Memberikan informasi mengenai kapasitas adsorpsi komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa teraktivasi  $ZnCl_2$ .
4. Meningkatkan pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan dalam pembuatan komposit.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tempurung Kelapa

Kelapa (*cocos nucifera*) memiliki bagian yang berfungsi sebagai pelindung inti buah yang disebut tempurung kelapa. Tempurung kelapa terletak di bagian dalam kelapa setelah sabut, dan merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3–5 mm. Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar air sekitar sembilan sampai sepuluh persen (dihitung berdasarkan berat kering). Kandungan kimiawi tempurung kelapa memiliki komposisi yang hampir serupa dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Komposisi selulosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$  33,61%, Hemiselulosa  $(C_5H_8O_4)_n$  19,27%, dan lignin  $[(C_9H_{10}O_3)(CH_3O)]_n$  36,1% (Tirono & Sabit, 2012).

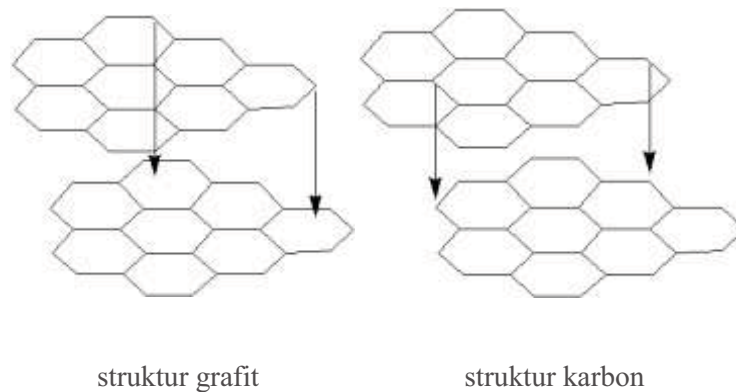
Selulosa merupakan senyawa organik dengan formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  yang terdapat pada dinding sel dan berfungsi untuk mengokohkan struktur. Kandungan selulosa inilah yang membuat Tempurung Kelapa memiliki struktur yang keras. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida heterogen yang tersusun dari unit D-Glukosa, L-Arabiosa dan D-Xilosa yang mengisi ruang antara serat selulosa didalam dinding sel tumbuhan. Dengan begitu hemiselulosa adalah matriks pengisi serat selulosa. Selain selulosa dan hemiselulosa pada tumbuhan juga terdapat lignin yang merupakan senyawa kimia yang sangat kompleks dan berstruktur *amorf*. Lignin juga merupakan polimer dengan berat molekular yang tinggi dengan struktur yang bervariasi. Lignin berfungsi sebagai pengikat untuk

sel-sel yang lain dan juga memberikan kekuatan. Semakin banyak kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan (Takeuchi, 2006).

## 2.2 Arang Aktif

Arang adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain dan komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur. Arang dapat dibuat dengan pemanasan langsung atau tidak langsung dalam timbunan maupun tanur. Pada proses peruraian ini selain arang dapat dihasilkan produk lain berupa destilat dan gas (Rampe *et al.*, 2014)

Arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya adsorpsi tinggi terhadap zat warna, gas, zat-zat tertentu yang toksik dan senyawa-senyawa kimia lainnya, arang aktif berbentuk amorf dan memiliki luaspermukaan berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Sembiring & Sinaga, 2003).



Gambar 2.1 Struktur grafit dan karbon (Suhartana, 2006)

Struktur arang/karbon aktif menyerupai struktur grafit. Grafit mempunyai susunan seperti pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 Å. Pada grafit, jarak antara pelat-pelat lebih dekat dan terikat lebih teratur daripada struktur karbon aktif. Gambar 2.1 menunjukkan struktur grafit dan struktur umum karbon aktif. (Hendra & Pari, 1999)

### 2.2.1 Pembuatan Arang Aktif

Arang aktif dapat dibuat dari bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, serbuk gergaji, kayu keras dan batu bara (Austin, 1996). Menurut Serrano *et al.*, (1996) proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi dua tahapan utama, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi.

## 1. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar. Pada suhu pemanasan sampai  $170^{\circ}\text{C}$  terjadi penghilangan air, pada suhu sekitar  $275^{\circ}\text{C}$  terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu  $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$

## 2. Aktivasi

Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbonasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi. Selama aktivasi, karbon dibakar pada suasana oksidasi yang akan menambah jumlah atau volume pori dan luas permukaan produk melalui proses eliminasi atau penghilangan volatil produk pirolisis. Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas inert seperti uap air (steam),  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2$ . sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara menngusir senyawa non karbon dari pori-pori.

### 2.2.2 Pengujian Mutu Arang Aktif

Menurut Standar Industri Indonesia (SII. 0258-79), syarat mutu arang aktif dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Syarat mutu arang aktif

Uraian	Persyaratan kualitas
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	Maksimum 15 %
Kadar air, %	Maksimum 10%
Kadar abu, %	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak mengarang	Tidak Nyata
Daya serap terhadap I <sub>2</sub> , %	Minimum 20%

Sumber : SII No.0258-79 dalam (Sembiring & Sinaga, 2003)

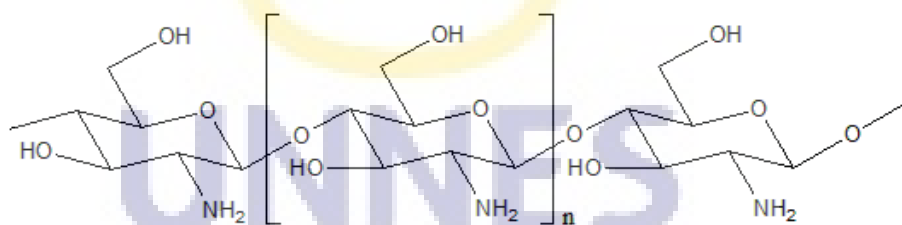
Kadar air menunjukkan jumlah air yang teradsorpsi pada arang aktif. Air dapat teradsorpsi pada karbon melalui pembentukan ikatan hidrogen dengan gugus gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) di permukaan karbon (Kalensun *et al.*,2012) Kadar abu menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Peningkatan kadar abu terjadi karena terbentuknya garam - garam mineral pada saat proses pengarangan yang bila proses tersebut berlanjut akan membentuk partikel-partikel halus dari garam-garam mineral tersebut. Daya serap terhadap iodium merupakan indikator penting dalam menilai arang aktif. Daya serap terhadap iodium menunjukkan kemampuan arang aktif menyerap zat dengan ukuran molekul yang lebih kecil dari 10 Å atau memberikan indikasi jumlah pori yang berdiameter 10-15 Å. Semakin tinggi daya serap iodium maka semakin baik kualitas arang aktif (Sudrajat & Suryani, 2002).



### 2.3 Kitosan

Kitosan adalah salah satu senyawa turunan dari kitin. Kitin adalah polimer alami terbesar kedua yang terdapat di alam setelah selulosa dengan rumus molekul  $(C_8H_{13}NO_5)_n$ . Senyawa kitin banyak terdapat pada dinding sel tumbuhan tingkat rendah seperti jamur dan juga terdapat pada kulit luar hewan tingkat rendah seperti, udang, dan kepiting.

Kitosan dibuat melalui proses reaksi kimia menggunakan basa natrium hidroksida atau reaksi enzimatik menggunakan enzim kitin *deacetylase*. Proses pembuatan kitosan sering disebut sebagai deasetilasi kitin. Kitosan dapat diisolasi dari kulit kepiting, udang, rajungan, dan kulit serangga lainnya (Savitri, *et al.*, 2010). Kitosan merupakan polimer linier yang tersusun oleh 2000-3000 monomer N-asetil-D-glukosamin dalam ikatan (1,4)-2-Amino-2-Deoksi- $\beta$ -D-Glukosa dengan rumus molekul  $(C_6H_{11}NO_4)_n$ . (Damayanti, 2013)



Gambar 2.2 Struktur kitosan (Savitri, *et al.*, 2010)

Savitri (2010) menyatakan bahwa kitosan adalah salah satu polimer yang bersifat tidak beracun dan mudah terbiodegradasi. Kitosan tidak larut dalam air, dalam larutan basa kuat, dalam  $H_2SO_4$  dan dalam beberapa pelarut organik seperti alkohol dan aseton. Kitosan dapat larut dalam larutan asam dengan pH kurang dari 6 dan asam organik misalnya asam asetat, asam format dan asam laktat.

Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan dalam asam asetat/asam cuka dengan konsentrasi 1-2 % dengan pH sekitar 4.

Menurut Morganof, sebagaimana dikutip oleh Manurung (2011), Kitosan bersifat polielektrolit kation yang dapat mengikat logam berat, sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben terhadap logam berat dalam air limbah. Prinsip dasar dalam mekanisme pengikatan antara kitosan dan logam berat yang terkandung dalam limbah cair adalah prinsip penukar ion.

Menurut Jin, sebagaimana dikutip oleh Laksono (2009), situs aktif pada kitosan diperankan oleh atom N dari gugus amina ( $-NH_2$ ) dan atom O dari gugus hidroksi ( $-OH$ ). Kedua atom tersebut mempunyai elektron bebas yang dapat mengikat proton atau ion logam membentuk suatu kompleks. Interaksi pasangan elektron bebas pada atom O lebih kuat dari pada interaksi pasangan elektron bebas pada atom N sehingga atom N cenderung mudah menyumbangkan pasangan elektron bebas daripada atom O. Pasangan elektron bebas dari atom N ini, selanjutnya akan berikatan dengan ion logam seperti reaksi (1).



Reaksi (1) menunjukkan terjadinya protonasi dan deprotonasi gugus amino dalam kitosan. Saat kitosan ditambahkan dalam larutan ion logam kemungkinan akan terjadi reaksi berikut :



Ketika reaksi (2) berlangsung, elektron bebas dari atom N berinteraksi dengan ion logam. Reaksi (3) mempunyai mekanisme yang sama dengan reaksi

(2), meskipun gugus  $\text{-NH}_2$  kitosan sudah berubah menjadi bermuatan positif akibat menerima ion  $\text{H}^+$  dari lingkungan. Interaksi antara ion logam dengan atom N pada reaksi (2) lebih kuat daripada ikatan antara ion  $\text{H}^+$  dengan atom N pada reaksi (3) (protonasi gugus amino). Hal ini disebabkan kekuatan interaksi elektrostatik antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan ion logam polivalen lebih kuat daripada interaksi elektrostatik antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan proton monovalen  $\text{H}^+$ .

## 2.4 Komposit

Bahan komposit adalah suatu sistem bahan yang tersusun melalui pencampuran atau penggabungan dua atau lebih makrokonstituen yang berbedadalam bentuk atau komposisi dan tidak larut satu sama lain. Komposit polimer adalah campuran suatu polimer dengan bahan tambahan baik organik maupun anorganik yang memiliki bentuk seperti serat, partikel, bola, dan lembaran.

Material komposit terdiri dari buah penyusun atau *filler* (bahan pengisi) dan matrik. *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat *E-Glass*, *Boron*, *Carbon* dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, cantula dan lain sebagainya. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi antara lain mengikat serat menjadi kesatuan struktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat, dan

Menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik. Matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik (Xanthos, 2005).

Menurut Premasingan, sebagaimana dikutip oleh Hamid (2008) komposit dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Komposit jenis serat yang mengandung serat-serat pendek dengan diameter kecil yang disokong oleh matriks yang berfungsi untuk menguatkan komposit, seperti serat tandan sawit, serat sintesis, kaca atau logam.
2. Komposit jenis lamina yaitu komposit yang mengandung bahan pelapis yang diikat bersama antara satu sama lain dengan menggunakan pengikat, contohnya papan komposit yang dibuat dari papan venir dan perekat urea formaldehid atau phenol formaldehid.
3. Komposit jenis partikel yaitu partikel tersebar dan diikat bersama oleh matriks polimer.

#### **2.4.1 Fase Matriks Komposit**

Fase matriks adalah fase cair yang terdapat dalam suatu komposit dengan fase penguat tersebar di dalamnya. Fase ini berfungsi sebagai pelekat untuk pengisi terbenam di dalamnya. Untuk memperoleh suatu pelekatan yang baik antara fase matriks dengan fase penguat atau fase tersebar, yaitu pengisi, pembahasan yang sempurna oleh fase matriks perlu dilakukan supaya interaksi yang baik berlaku antara fase matriks dengan fase penguat atau fase tersebar, yaitu pengisi dan seterusnya menghasilkan kekuatan interlamina yang baik.

Secara umum fase matriks haruslah berperan sebagai berikut :

1. Suatu bahan yang mampu memindahkan beban yang dikenakan kepada fase tersebar atau fase penguat yang berfungsi sebagai media alas beban.
2. Menjaga fase penguat atau fase tersebar dari kerusakan oleh factor lingkungan seperti kelembapan dan panas.
3. Sebagai pengikat yang memegang fase penguat atau fase tersebar untuk menghasilkan antara muka fase matriks dan fase penguat yang kuat (Kennedy & Kelly, 1996)

#### **2.4.2 Fase Penguat Dalam Komposit**

Fase penguat atau fase tersebar merupakan bahan yang bersifat lengai dalam bentuk serat, partikel, kepingan, pengisi dan lamina yang ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisik komposit seperti meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan. Menurut Richardson sebagaimana dikutip oleh Hamid (2008), sifat yang dapat diperoleh hasil penggunaan fase penguat atau tersebar antara lain :

1. Peningkatan maksimum dalam sifat fisik
2. Penyerapan kelembapan yang rendah
3. Sifat pembahanan yang baik
4. Biaya yang rendah dan mudah diperoleh
5. Ketahanan terhadap api yang baik
6. Ketahanan terhadap bahan kimia yang baik
7. Sifat keterlarutan dalam air dan pelarut yang rendah
8. Ketahanan terhadap panas yang baik

9. Dapat diperoleh dalam berbagai bentuk

Antara berbagai jenis fase penguat yang lazim digunakan dalam komposit ialah serat kaca, serat karbon, serat keklar dan serat alam seperti tandan kelapa sawit, kayu karet, serbuk kayu, dan lain-lain.

## 2.5 *Surface Area Analyzer*

Prinsip kerja SAA didasarkan pada siklus adsorpsi dan desorpsi isothermis gas N<sub>2</sub> oleh sampel serbuk pada suhu N<sub>2</sub> cair. Setiap siklus adsorpsi dan desorpsi menghasilkan variasi data tekanan proses, yang dengan hukum gas ideal  $PV = nRT$  sebagai fungsi volume gas. Dengan memasukkan sejumlah volume gas nitrogen yang diketahui kedalam tabung sampel, maka sensor tekanan akan memberikan data tekanan proses yang bervariasi. Data volume gas yang dimasukkan yang telah diketahui jumlahnya dan data hasil kenaikan tekanan dibuat sebagai persamaan BET (4) yang dipakai sebagai dasar perhitungan luas permukaan serbuk.

$$\frac{1}{X\left(\frac{P_0}{P}\right)-1} = \frac{1}{X_m C} + \frac{C-1}{X_m C} \times \frac{P}{P_0} \dots\dots\dots(4)$$

Prinsip perhitungannya adalah dengan mengetahui jumlah volume gas adsorbate total yang dimasukkan kedalam tabung kosong tanpa sampel dan mengetahui jumlah volume gas adsorbat yang tidak terserap oleh sampel, maka jumlah volume gas yang diserap oleh sampel dapat diketahui. Selanjutnya mengkonversi satuan volume menjadisaatuan luasan dengan bantuan data luas bagian molekul gas N<sub>2</sub> = 16,2 Å (Rosyid, *et al.*, 2012)

## 2.6 FT-IR

Penentuan gugus fungsional pada kitosan dapat dilakukan dengan *Fourier Transform Infrared Spectrofotometer* (FT-IR). Pengukuran dilakukan pada spektrum inframerah daerah tengah yaitu pada bilangan gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ . Metode ini didasarkan pada interaksi antara radiasi inframerah dengan materi. Interaksi ini berupa absorpsi pada frekuensi (bilangan gelombang) atau panjang gelombang tertentu, yang berhubungan dengan energi transisi antara berbagai keadaan energi vibrasi molekul. Gugus fungsi pada kitosan disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik gugus fungsi kitosan

Gugus fungsi	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
OH <i>stretching</i>	3450, 3340
NH (-NH <sub>2</sub> ) <i>stretching</i>	3400
CH (-CH <sub>2</sub> -) <i>stretching asym</i>	2926
CH (-CH <sub>2</sub> -) <i>stretching sym</i>	2864
C=O (-NHCOCH <sub>3</sub> -) <i>stretching</i>	1650 (lemah)
NH (R-NH <sub>2</sub> ) <i>bending</i>	1596
CN <i>stretching</i>	1200-1020
CH (-CH <sub>2</sub> -) <i>bending asym</i>	1418
CH (-CH <sub>2</sub> -) <i>bending sym</i>	1377
C-O(-C-O-C-) <i>stretching asym</i>	1082
C-O(-C-O-C-) <i>stretching sym</i>	1033

Sumber : (Wiyarsi & Priyambodo, 2008)

## 2.7 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalam. Bila gas atau uap bersentuhan dengan permukaan padatan yang bersih, maka gas atau uap tadi akan teradsorpsi pada permukaan padatan tersebut. Permukaan padatan disebut sebagai adsorben, sedangkan gas atau uap disebut sebagai adsorbat.

Semua padatan dapat menyerap gas atau uap pada permukaan. Banyak gas yang teradsorpsi yang bergantung pada suhu dan tekanan gas serta luas permukaan padatan. Padatan yang paling efisien adalah padatan yang sangat porous seperti arang dan butiran padatan yang sangat halus (Bird, 1987).

### 2.7.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

#### 1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (Intermolekuler) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori. Pada proses fisisorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan 1982).

#### 2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik,



yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins 1999).

### **2.7.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi**

Menurut Ardhika (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain :

1. Sifat-sifat fisika dan kimia adsorben

Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin besar luas permukaan kecepatan adsorpsi semakin bertambah.

2. Sifat-sifat fisika dan kimia dari zat yang diadsorb

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh adsorben tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan kemampuan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul. Serapan adsorpsi dari struktur yang sama seperti dalam deret homolog.

3. Konsentrasi zat yang diadsorb dalam larutan

Semakin tinggi konsentrasi dari zat yang diadsorb dalam larutan maka semakin banyak jumlah adsorben yang akan digunakan.

#### 4. pH

Adsorpsi semakin meningkat jika pH diturunkan yaitu dengan menambahkan asam-asam mineral, sebaliknya jika pH dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

#### 5. Waktu kontak

Bila adsorben ditambahkan dalam suatu larutan dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi diperlukan waktu kontak lebih lama.

### 2.8 Logam Berat Cu

Tembaga (Cu) adalah salah satu logam dari golongan alkali IA dengan nomor atom 29; berat atom 63,546; diameter 8,92; adalah titik lebur 1083°C; titik didih 2310°C; jari-jari atom 1,173 Å; sedangkan jari-jari ion 0,96 Å. Cu merupakan logam transisi yang berwarna jingga kemerahan tidak reaktif terhadap asam-asam encer seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer kecuali HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat yang dipanaskan. Senyawa Cu(II) lebih stabil dalam larutan. Logam Cu dapat bersifat racun apabila bereaksi dengan larutan atau zat kimia lain dan membentuk ion Cu(II) (Arsyad, 2001). Tembaga membentuk senyawa dengan tingkat oksidasi +1 dan +2, namun hanya tembaga (II) yang stabil dan mendominasi dalam larutan air. Dalam larutan air, hampir semua garam tembaga (II) berwarna biru, yang karakteristik dari warna ion kompleks koordinasi 6, [Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> (Sugiyarto, 2004).

## 2.9 Isoterm Adsorpsi

### 2.9.1 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorben merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan dengan menggunakan batu apung dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Isoterm Freundlich menjelaskan jika  $y$  adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan  $c$  adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{x_m}{m} = k \cdot C^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(5)$$

$$\log\left(\frac{x_m}{m}\right) = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$X_m$  = berat zat yang diadsorpsi

$m$  = berat adsorben

$C$  = konsentrasi zat

Kemudian  $k$  dan  $n$  adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva  $\log (X_m/ m)$  terhadap  $\log C$  akan diperoleh persamaan linear dengan intersep  $\log k$  dan kemiringan  $1/n$ , sehingga nilai  $k$  dan  $n$  dapat dihitung.

### 2.9.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada

permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal adsorbat di permukaan adsorben.

Pendekatan *Langmuir* meliputi lima asumsi mutlak, yaitu : (Mulyana *et al.*,2003)

1. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fase uap.
2. Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan *monolayer*.
3. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama.
4. Tidak ada antaraksi lateral antar molekul adsorbat.
5. Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.

Dimana persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut.

$$X_m/m = \frac{a \cdot C}{1+b \cdot C} \dots \dots \dots (7)$$

$$\frac{m \cdot C}{X_m} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a}\right) \cdot C \dots \dots \dots (8)$$

Dengan membuat kurva  $m \cdot C / X_m$  terhadap  $C$  akan diperoleh persamaan linear dengan intersep  $1/a$  dan kemiringan  $(b/a)$ , sehingga nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai  $a$  dan  $b$  menunjukkan daya adsorpsi (Mulyana *et al.*,2003).

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi gugus fungsi adsorben menggunakan FT-IR menunjukkan gugus fungsi khas kitosan dalam produk komposit *beads* hasil sintesis. Hasil karakterisasi permukaan adsorben menggunakan SAA diketahui luas permukaan dari arang aktif 19,595 m<sup>2</sup>/g, kitosan *beads* 3,826 m<sup>2</sup>/g, dan komposit *beads* 1,041 m<sup>2</sup>/g. Arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori.
2. pH optimum adsorpsi ion Cu(II) oleh arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* yaitu pada pH 5. Waktu kontak optimum adsorpsi ion Cu(II) oleh arang aktif adalah 90 menit. Waktu kontak optimum adsorpsi ion Cu(II) oleh kitosan *beads* dan komposit *beads* adalah 120 menit. Konsentrasi optimum adsorpsi ion Cu(II) oleh arang aktif, yaitu 20 mg/L. Konsentrasi optimum adsorpsi ion Cu(II) oleh kitosan *beads* dan komposit *beads* adalah 50 mg/L
3. Perhitungan kapasitas adsorpsi lebih mengikuti persamaan Langmuir. Kapasitas adsorpsi dari arang aktif 1,064x10<sup>-4</sup> mol/g, kitosan *beads* 5,663x10<sup>-4</sup> mol/g, dan komposit *beads* 5,960x10<sup>-4</sup> mol/g.

4. Efisiensi adsorpsi Cu(II) komposit beads dalam limbah buatan sebesar 90,01% dengan Cu(II) teradsorpsi  $2,834 \times 10^{-4}$  mol/g.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi  $ZnCl_2$  sebagai aktivator arang aktif tempurung kelapa.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aktivasi arang aktif dengan menggunakan aktivasi fisik.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan komposisi antara arang aktif tempurung kelapa dengan kitosan dalam pembuatan komposit *beads*.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan komposit *beads*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abouhoussein, D.M.N., A.A. El-Bary., S.H. Shalaby. & M.A. El-Nabarawi. 2016. Chitosan Mucoadhesive Buccal Films: Effect of Different Casting Solvents On Their Physicochemical Properties. *Int J Pharm Pharm Sci*, 8(9): 206-213
- Ardhika. 2006. *Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Batubara Sebagai Adsorben*. Skripsi. Surabaya : Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
- Arsyad, M.N. 2001. *Kamus Kimia : Arti Penjelasan Istilah*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika Edisi Keempat*. Translated by Kartohadiprodo, I.I. Jakarta: Erlangga.
- Austin, G.T. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta : Erlangga
- Bird, T. 1987. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Cahyaningrum, S. E., S.J.S. Narsito.& R. Agustini. 2008. Adsorption of Zink(II) Metal Ion on Chitosan Bead from Shell Shrimp (Penaus Monodon)(Adsorpsi Ion Logam Zn (II) pada Bead Kitosan dari Cangkang Udang Windu (Penaus Monodon). *Manusia dan Lingkungan*, 15(2): 90-99.
- Cahyaningrum, S.E., Narsito. Santoso, J. S. 2011. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) dan Cu(II) Pada Kitosan Nano Bead Dari Cangkang Udang Windu (Penaus Monodon). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 18(3): 200-205.
- Castellan, G.W. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Servis.
- Damayanti, D.D. 2013. *Optimalisasi Pembuatan Glukosamin Hidroklorida Dari Kitosan Cangkang Belangkas (Tachypleus Gigas)*. Skripsi. Medan : Universitas Sumatra Utara.
- Dantas, T.N.C., A.A.D. Neto., M. Moura., E.L.B. Neto., K.R. Forte. & R.H.L. Leite. (2003). Heavy Metals Extraction by Microemulsions. *Water Research*, 37(11): 2709-2717.
- Fernandez, E.C. & T.S. Delgado. 1994. Charcoal and Activated Charcoal from Coconut Husk. *Philippine Technology Journal*, 19: 59-65.

- Gaikwad, R.W. 2004. Removal of Cd(II) from Aqueous Solution by Activated Charcoal Derived from Coconut Shell. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*, 3(4): 702-709.
- Gueu, S., B. Yao., K. Adouby. & G.Ado. 2007. Kinetics and Thermodynamics Study of Lead Adsorption on to Activated Carbons from Coconut and Seed Hull of the Palm Tree. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1): 11-17.
- Guibal, E., M. Celine&M.T. John. 1998. Metal Anion Sorption by Chitosan Beads: Equilibrium and Kinetic Studies.*Industrial & Engineering Chemistry Research*, 37(4): 1454-1463.
- Guo, S., Peng, J., Li, W., Yang, K., Zhang, L., Zhang, S. & Xia, H. 2009. Effect of CO<sub>2</sub> Activation on Porous Structures of Coconut Shell Based Activated Carbons. *Applied Surface Science*, 255(2009). 8443-8449.
- Hadi, R. 2012. Sosialisasi teknik pembuatan arang tempurung kelapa dengan pembakaran sistem suplai udara terkendali. *Buletin Teknik Pertanian*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Hamid, Z. 2008. *Pengaruh Modifikasi Kimia Terhadap Sifat-Sifat Komposit Polietilena Densitas Rendah (LDPE) Terisi Tempurung Kelapa*. Tesis. Medan : Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara
- Hastuti, B.& N.Tulus. 2015. Sintesis Kitosan dari Cangkang Kerang Bulu (*Anadara Inflata*) Sebagai Adsorben Ion Cu<sup>2+</sup>. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Hendra, D.& G. Pari. 1999. Pembuatan Arang Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan, Bogor*, 17(2): 133-122.
- Herwanto, B. & E. Santoso. 2006. Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Membran Selulosa Kitosan Terikat Silang. *Akta Kimia Indonesia*, 2(1): 9-24.
- Hydari, S., H. Sharififard., M. Nabavinia&M. Reza. 2012. A comparative investigation on removal performances of commercial activated carbon, chitosan biosorbent and chitosan/activated carbon composite for cadmium.*Chemical Engineering Journal*, 193: 276-282
- Kurniawan, R., L. Musthofa& Wahyunanto. 2013. Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).*Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(1): 15-20.



- Kalensun, A.G., Audy, D., Wuntu., & Vanda, S. K. Isoterm Adsorpsi Toluena pada Arang Aktif Strobilus Pinus (Pinus merkusii). *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(2):100-104.
- Kaminski, W., E. Tomczak. & K. Jaros. 2008. Interaction of Metal Ions Sorbed on Chiosan Beads. *Desalination*, 218: 281-286
- Kennedy, A.J. & Kelly, A. 1996. *Composite Materials*. London : Liif Books Ltd
- Laksono, E.W. 2009. Kajian Terhadap Aplikasi Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Dalam Limbah Cair. *Jurdik Kimia*, Yogyakarta: FMIPA, UNY.
- Li, Y.H. 2005. Adsorption Thermodynamic, Kinetic and Desorption Studies of Pb<sup>2+</sup> on Carbon Nanotubes. *Water research*, 39(4): 605-609.
- Manku, G.S. 1980. *Theoretical Principles of Inorganic Chemistry*. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Manurung, M. 2011. Potensi Khitin/Khitosan dari Kulit Udang sebagai Biokoagulan Penjernih Air. *Journal of Chemistry*, 5(2): 182-188.
- Mulyana, L., H. Pradiko & K. Nasution. 2003. Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isotherm pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6. *Infomatek Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik–Universitas Pasundan*, 31(2):131-143.
- Nitayaphat, W., & Jintakosol, T. 2015. Removal of silver (I) from aqueous solutions by chitosan/bamboo charcoal composite beads. *Journal of Cleaner Production*, 87: 850-855.
- Nitayaphat, W. 2014. Utilization of Chitosan/Bamboo Charcoal Composite as Reactive Dye Adsorbent. *Chiang Mai Journal of Science*, 41(1): 174-183.
- Oscik, J. 1991. *Adsorption Edition Cooper*. New York : John Wiley and Sons.
- Pambayun, S.G., R.Y.E. Yulianto., M. Rachimoellah. & E.M.M. Putri. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1): 116-120.
- Pino, G.H., L.C.M. Mesaquita., M.L. Torem. & G.A.S. Pinto. 2006. Biosorption of Cadmium by Green Coconut Shell Powder. *Minerals Engineering*, 19(5):380-387.

- Pitaloka, A. 2011. *Optimalisasi Aktivasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Ragam Suhu dan Konsentrasi Aktivator ZnCl<sub>2</sub>*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Rahman, I. A. & B. Saad. 2003. Utilization of Guava Seeds As a Source of Activated Carbon for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Malaysian Journal of Chemistry*, 5(1): 8-14.
- Rampe, J. M., Setiaji, B. & Trisunaryanti, W. 2014. Analisis Struktur Mikro dan Struktur Kristal Karbon Tempurung Kelapa dan Polivinil Alkohol (PVA) Pada Temperatur Tinggi. *Chem. Prog*, 7(2):74-80.
- Rosyid, M., Nawangsih, E., & Dewita. 2012. Perbaikan Surface Area Analyzer NOVA-1000 \* Alat Penganalisis Luas Permukaan Serbuk). *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan*. Perangkat Nuklir. Yogyakarta : Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN.
- Savitri, E., Soeseno, N., & Adiarto, T. 2010. Sintesis Kitosan, Poli (2-amino-2-deoksi-D-Glukosa), Skala Pilot Project dari Limbah Kulit Udang sebagai bahan baku Alternatif Pembuatan Biopolimer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Sembiring, M.T. & T.S. Sinaga. 2003. Arang Aktif (pengenalan dan proses pembuatannya). Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Serrano, G. V., Villegas, P. J., Florindo, P. A., Valle, D. C., & Calahorra, V. C. 1996. FT-IR Study of Rockrose and of Char and Activated Carbon. *Journal of analytical and applied pyrolysis* 36(1): 71-80.
- Shannon, R.D. 1976. Revised Effective Ionic Radii and Systematic Studies of Interatomic Distances in Halides and Chalcogenides. *Acta Cryst*, A(32):751-767.
- Shawky, H.A., Abdel H.M. El-Aassar, and Dalia E. Abo-Zeid. 2012. Chitosan/Carbon nanotube Composite Beads: Preparation, Characterization, and Cost Evaluation for Mercury Removal from Wastewater of some Industrial Cities in Egypt. *Journal of Applied Polymer Science*, 125(1): 93-101..
- Subadra, B. Setiaji., & Iqmal, Tahir. 2005. Activated Carbon Production from Coconut Shell with (NH<sub>4</sub>) HCO<sub>3</sub> Activator as an Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification. *Universitas Gajah Mada, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta*.

- Sudrajat, R., & A. Suryani. 2002. Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Aktif dari Ampas Daun Teh. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, Bogor. 20 (1): 1-11
- Sugiyarto, K.H. 2004. *Kimia Anorganik I*. Yogyakarta : Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suhartana. 2006. Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobongan. *Berkala Fisika*, 9(3): 151-156.
- Svehla, G. 1990. *Vogel Buku Teks Analisa Kuantitatif Anorganik. Edisi V*. Jakarta: Kalman Media Pustaka.
- Takeuchi, Y. 2006. *Pengantar Kimia*. Tokyo: Iwanami Publishing.
- Tirono, M. & A. Sabit. 2012. Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (Coconut Shell Charcoal). *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 3(2):143-152.
- Wang, F.S., Shen, Lu., Zhang, D.W. & Tong, Y.J. 2005. Preparation and Mechanical Properties of Chitosan/Carbon Nanotubes Composite. *Biomacromolecules*, 6(6): 3067-3072.
- Wang, X.J., Y.Wang., X.Wang., M. Liu., S.Q. Xia., D.Q. Yin., Y.L. Zhang. & J.F. Zhao. 2011. Microwave Assisted Preparation of Bamboo Charcoal Based Iron Containing Adsorbents for Cr(IV) Removal. *Chemical Engineering Journal*, 174(2011): 326-332.
- Wiyarsi, A. & E. Priyambodo. 2008. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat. Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
- Yong, K.S., B. Nanthi. & L. Enzo. 2013. Synthesis and Characterization of Thiolated Chitosan Beads for Removal of Cu(II) and Cd(II) from Wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution*. 224(12) : 1720
- Yang, R.T. 2003. *Adsorbent : Fundamental and Application*. New York : J Wiley
- Yang, T. C. & R. R. Zall. 1984. Absorption of metals by natural polymers generated from seafood processing wastes. *Industrial & engineering chemistry product research and development*, 23(1): 168-172.
- Xanthos, M. 2005. Polymers and Polymer Composites. Chapter 1 *Functional Fillers for Plastics*: 1-16.