

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN KOH PADA
KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA TERAKTIVASI
KIMIA-FISIKA UNTUK ADSORPSI LOGAM Cu DAN Fe**

SKRIPSI

Disusun Untuk Melengkapi Syarat-syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Di susun oleh :

Erlina

3225111287

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**

2015

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa
Teraktivasi Kimia-Fisika Untuk Adsorpsi Logam Cu dan Fe

Nama : Erlina

No. Reg. : 3225111287

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		28/7 2015
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		28/7 2015
Ketua	: Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001		29/7 2015
Sekretaris	: Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19730201 200312 1 002		29/7 2015
Anggota			
Pembimbing I	: Umiatin, M.Si NIP. 19790104 200604 2 001		12/7 2015
Pembimbing II	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 19720728 199903 1 002		10/7 2015
Penguji Ahli	: Hadi Nasbey, M.Si NIP. 19790916 200501 1 004		10/7 2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 6 Juli 2015

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ❖ SERSAN “Serius Tapi Santai”
- ❖ Merantaulah...
Gapailah Setinggi-tinggi Impianmu
Berpergianlah...
Maka ada 5 Keutamaan Untukmu : Melipur Duka,
Memulai Penghidupan Baru, Memperkaya Budi,
Pergaulan Terpuji, Meluaskan Ilmu
- ❖ Man Jadda Wa Jadda, bismillah ☺

PERSEMBAHAN



*Kedua Orang Tuaku, Ibu dan Bapak, Kakak-kakak dan Adik-adik atas segala kasih sayang,
kesabaran, keihlasan, dan segala bentuk macam dorongan baik moril dan materil yang tak
akan pernah bisa terbalas hingga waktu akan memanggilku*



ABSTRAK

Erlina. Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi Kimia-Fisika Untuk Adsorpsi Logam Cu dan Fe. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2015.

Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan karbon aktif berbahan dasar arang tempurung kelapa dengan menggunakan aktivasi secara kimia dan fisika. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang berbentuk granul ke dalam larutan aktivator Kalium Hidroksida (KOH) 30%, 40%, 50% dan 60% selama 24 jam. Dan aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan gas Argon ke dalam tungku horisontal pada suhu 400°C selama 1 jam dengan laju alir gas Argon 200 kg/m³. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator terhadap daya adsorpsi karbon aktif untuk menyerap logam berat Cu dan Fe dalam limbah cair. Sampel yang telah diaktivasi diuji kemampuannya untuk menyerap logam Cu dalam larutan Tembaga Sulfat (CuSO₄.5H₂O) dan logam Fe dalam larutan Besi Sulfat (FeSO₄.7H₂O). Proses filterisasi yang digunakan adalah metode *batch*, dimana sampel direndam pada limbah cair dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Dari hasil analisis didapatkan konsentrasi KOH optimum untuk menyerap logam Cu adalah KOH 50% dengan efisiensi 83,57% dan konsentrasi KOH optimum untuk menyerap logam Fe adalah KOH 40% dengan efisiensi 75,30%.

Kata Kunci : *Karbon Aktif, Kalium Hidroksida, Adsorpsi, Logam berat*

ABSTRACT

Erlina. The Influence of KOH Solution Concentration on The Activated Carbon Coconut Shell Charcoal by Chemical-Physical Activation For Cu and Fe Metal Adsorption. Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2015.

The research on the manufacture of activated carbon made from coconut shell charcoal by using chemical and physical activation has been done. Chemical activation is done by soaking granulated charcoal into the activator solution of Potassium Hydroxide (KOH) 30%, 40%, 50% and 60% for 24 hours. The physical activation was done by passing Argon gas into horizontal furnace at a temperature of 400°C for 1 hour with argon gas flow rate of 200 kg/m³. The purpose of this research was to determine the effect of concentration variations of the activator solution to the adsorption capacity of activated carbon to removed Cu and Fe heavy metals in wastewater. Samples that have been activated tested for their capacity to adsorb Cu in Copper Sulfate solution (CuSO₄.5H₂O) and Fe in Iron Sulfate solution (FeSO₄.7H₂O). Filtration process used is a batch method, in which the samples were stored in wastewater and stirred using a magnetic stirrer. From the analysis, the optimum KOH concentration to adsorb Cu was KOH 50% with efficiency 83.57% and optimum KOH concentration to adsorb Fe was KOH 40% with 75.30% efficiency.

Key words: *Activated Carbon, Potassium Hydroxide, Adsorption, heavy metals*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas nikmat ilmu pengetahuan dan nikmat kesehatan yang diberikan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “*Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi Kimia-Fisika Untuk Adsorpsi Logam Cu dan Fe*” dengan baik.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas segala bantuan, bimbingan dan arahan, dorongan semangat serta motivasi yang diberikan kepada penulis. Penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Anggara Budi Susila, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika atas segala motivasi dan segala masukan yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Esmar Budi, M.T selaku Ketua Program Studi Fisika dan Dosen Pembimbing II atas segala kemudahan, motivasi, dan bimbingan kepada penulis.
3. Ibu Umiatin, M.Si selaku dosen pembimbing I atas motivasi, diskusi, bimbingan serta pengalaman yang diberikan bagi penulis.
4. Bapak Drs. Andreas Handjoko Permana, M.Si selaku Pembimbing Akademik atas segala masukan dan bimbingan yang telah diberikan.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu, berbagi pengalaman, dan nasihat selama masa perkuliahan berlangsung.
6. Kedua orang tua dan keluarga atas segala motivasi dan doa yang diberikan kepada penulis.
7. Sahabat seperjuangan Fisika 2011, Fitri dan Ridho yang selalu mengingatkan bahwa penelitian ini bukanlah akhir melainkan awal sarana untuk kita membangun Indonesia dan mengharap ridho Allah SWT.

8. Teman seperjuangan Fisika 2011 (Cynthia, Ade Lina, Ellien, Lara, Lory, Lida, Andi, Muarief, Shinta, Tisya, Ayu, Levi, Eka, dll) atas kekeluargaan, doa, semangat, dan motivasi bagi penulis.
9. Kakak-kakak Fisika 2009 & 2010 serta adik-adik Fisika 2012, 2013 & 2014 atas segala bantuannya.
10. Staf Laboratorium Fisika UNJ (Mas Fajrin, Pak Mahfud) atas segala masukan dan bantuan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini.
11. Sahabat di Kampung Halaman “Dhervin Fifanius” (Dewi, Halimah, Rondiya, Vina, Nurani, Fitri, Iga, Farikha, Nunu, Ika, Uly) atas semangat, doa dan motivasinya.
12. Teman-teman BEM Jurusan Fisika 2011, Science Club, IMAYD, teman-teman di Cirebon, Bandung, Jogjakarta, Semarang, & lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Saran dan dukungan kalian sangat berarti.

Penulis menyampaikan permohonan maaf kepada para pembaca atas segala kelemahan dan kekurangan yang ada karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk masa yang akan datang. Akhirnya semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Jakarta, Juli 2015

Penulis

Erlina

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Arang Tempurung Kelapa	6
2.2 Karbon Aktif	8
2.2.1 Aktivasi Kimia	14
2.2.2 Aktivasi Fisika	16
2.3 Adsorpsi Karbon Aktif	19
2.3.1 Metode Adsorpsi	21
2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi	21
2.3.3 Mekanisme Adsorpsi	23
2.4 Logam Berat	25
2.4.1 Tembaga (Cu)	26
2.4.2 Besi (Fe)	27

BAB III METODELOGI PENELITIAN	29
3.1 Tujuan Penelitian	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Metode Penelitian	30
3.4 Bahan dan Alat Penelitian	30
3.4.1 Bahan Penelitian	30
3.4.2 Alat Penelitian	31
3.5 Diagram Alir	32
3.6 Prosedur Penelitian	34
3.6.1 Preparasi Sampel	34
3.6.2 Pembuatan Larutan Aktivator KOH	34
3.6.3 Aktivasi	35
3.6.4 Pengujian kualitas karbon aktif	36
3.6.5 Pengujian Karakteristik Pori Karbon Aktif denga SEM	36
3.6.6 Pembuatan Larutan Limbah <i>Artificial</i> Cu dan Fe	37
3.6.7 Filterisasi dengan Metode Batch	37
3.6.8 Pengukuran Daya Adsorpsi Karbon Aktif dengan AAS	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pembuatan Karbon Aktif	39
4.1.1 Proses Aktivasi Kimia	39
4.1.2 Proses Aktivasi Fisika	41
4.2 Hasil Pengujian Kualitas Karbon Aktif	42
4.2.1 Rendemen	42
4.2.2 Kadar Air	43
4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Pori	45
4.3.1 Hasil Komposisi Kimia Karbon Aktif Menggunakan EDS	45
4.3.2 Hasil Pengujian Morfologi Pori Menggunakan SEM	49
4.3.3 Ringkasan Hasil Pengujian Karakteristik Pori	53
4.4 Hasil Pengujian Efisiensi Adsorpsi Pengaruh Konsentrasi KOH ..	54
4.4.1 Pembuatan Larutan Limbah <i>Artificial</i> Cu dan Fe	54
4.4.2 Hasil Pengujian Efisiensi Adsorpsi Logam Cu	55

4.4.3 Hasil Pengujian Efisiensi Adsorpsi Logam Fe	57
4.4.4 Ringkasan Hasil Pengujian Efisiensi Penyerapan Cu dan Fe	58
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	63
Lampiran 1. Perhitungan rendemen karbon aktif	67
Lampiran 2. Perhitungan kadar air karbon aktif	69
Lampiran 3. Data Hasil AAS	73
Lampiran 4. Perhitungan efisiensi karbon aktif	79
Lampiran 5. Hasil EDS karbon aktif	81
Lampiran 6. Hasil SEM karbon aktif	83
Lampiran 7. Foto-foto dokumentasi penelitian	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Foto SEM arang tempurung kelapa hasil pirolisis	7
Gambar 2.2 Hasil analisis EDS pada arang tempurung kelapa	8
Gambar 2.3 Representasi gambar dari struktur pori karbon aktif	11
Gambar 2.4 Skematik ilustrasi dari struktur karbon aktif	12
Gambar 2.5 Mekanisme <i>Bulk Solution Transport</i>	23
Gambar 2.6 Eksternal dan internal transportasi karbon aktif	24
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 4.1 Hasil rendaman arang tempurung kelapa pada larutan KOH	39
Gambar 4.2 Karbon aktif hasil aktivasi kimia dan fisika	40
Gambar 4.3 Hasil pengujian rendemen karbon aktif	42
Gambar 4.4 Hasil pengujian kadar air karbon aktif	44
Gambar 4.5 Hasil analisis EDS karbon aktif	45
Gambar 4.6 Persentase komposisi kimia karbon aktif	48
Gambar 4.7 Hasil SEM karbon aktif Perbesaran 600 x	49
Gambar 4.8 Hasil SEM karbon aktif Perbesaran 2000 x	50
Gambar 4.9 Grafik daya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Cu	56
Gambar 4.10 Grafik daya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Fe	58
Gambar 4.11 Perbandingan efisiensi karbon aktif logam Cu dan Fe	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan kandungan bahan dan arang tempurung kelapa	6
Table 2.2 Klasifikasi pori karbon aktif menurut ukuran pori	10
Tabel 2.3 Klasifikasi karbon aktif menurut penggunaannya	11
Tabel 2.4 Standar kualitas karbon aktif menurut SNI (1995)	14
Tabel 2.5 Sifat fisik dan kimia Tembaga (Cu)	27
Tabel 2.6 Sifat fisik dan kimia Besi (Fe)	28
Tabel 3.1 Variasi konsentrasi larutan pada aktivasi kimia	35
Tabel 4.1 Hasil penentuan kadar air karbon aktif tempurung kelapa	44
Tabel 4.2 Data komposisi kimia karbon aktif teraktivasi KOH	47
Tabel 4.3 Ringkasan data pengujian kualitas karbon aktif	53
Tabel 4.4 Hasil adsorpsi logam Cu oleh karbon aktif	55
Tabel 4.5 Hasil adsorpsi logam Fe oleh karbon aktif	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian masyarakat di Indonesia. Akan tetapi, perkembangan industri yang cukup pesat menyebabkan meningkatnya polusi industri secara signifikan. Hal ini dikarenakan adanya beberapa industri yang membuang limbahnya secara sembarangan dan melampaui daya dukung lingkungan sehingga lingkungan tidak mampu melakukan proses pulih diri (*self purification*). Oleh karena itu permasalahan limbah industri berkembang menjadi permasalahan global yang serius. (Suryono, 2003)

Limbah industri dapat terakumulasi di udara, tanah dan masuk ke dalam sistem perairan. Limbah yang mencemari perairan merupakan limbah dari bahan berbahaya dan beracun yang berasal dari logam berat. Beberapa jenis logam berat yang sering dijumpai dalam sistem perairan yang tercemar adalah Tembaga (Cu), Besi (Fe), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Seng (Zn). (Panjaitan, 2009) Logam berat seperti Cu dan Fe dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus dalam jangka panjang dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian. (Xiangtao, 2012) Suatu perairan dikatakan tercemar oleh logam berat apabila kandungan logam berat pada badan air tersebut telah melebihi nilai baku mutu lingkungan.

Banyak langkah untuk mengurangi kandungan logam berat dalam sistem perairan antara lain presipitasi, *ion exchange*, reduksi secara elektrokimia, dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Teknologi adsorpsi oleh karbon aktif dianggap yang paling efisien untuk menghilangkan ion logam berat karena biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, dan mudah dioperasikan. (Anita, 2013)

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah diproses dengan cara aktivasi sehingga senyawa tersebut memiliki pori dan luas permukaan yang sangat besar dengan tujuan untuk meningkatkan daya adsorpsinya. Pori tersebut memiliki gaya *Van der Waals* yang kuat untuk mengikat logam berat. (Arfan, 2006)

Limbah tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif. Dari hasil EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) menunjukkan bahwa unsur utama tempurung kelapa adalah karbon dengan persentase kandungan sebesar 82,92%. Dibandingkan dengan arang bahan alami lain seperti arang batang jagung, sekam padi dan tempurung buah cokelat hanya mengandung karbon sekitar 12-20%. Arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan karbon aktif dengan kualitas baik. (Esmar Budi, dkk, 2013)

Umumnya karbon aktif dapat dibuat melalui proses aktivasi fisika maupun kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan gas CO_2 , N_2 , uap air atau Argon ke dalam tungku. Sedangkan, aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang berbentuk granul kedalam larutan aktivator. Aktivator yang sering digunakan adalah hidroksida logam alkali seperti KOH dan NaOH, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan garam-garam alkali seperti NaCl dan

ZnCl₂. (Xiangtao, 2012) Berdasarkan hasil penelitian oleh (Mohd Iqbalidin, 2013), proses aktivasi menggunakan larutan aktivator Kalium Hidroksida (KOH) 50% menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan 1768,8 m²/g yang lebih besar dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi yang hanya memiliki luas permukaan 36,5 m²/g. Ini membuktikan bahwa proses aktivasi dengan KOH mampu meningkatkan luas permukaan dan porositas dari karbon aktif. Dari hasil penelitian tersebut maka KOH merupakan salah satu larutan aktivator yang baik untuk digunakan pada proses pembuatan karbon aktif sebagai adsorben limbah logam berat.

Penelitian mengenai adsorpsi logam berat dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa telah dilakukan oleh (Bernard, 2013), namun larutan aktivator yang digunakan adalah ZnCl₂. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif tempurung kelapa dapat menyerap logam berat Fe dan Cu dengan besar efisiensi Fe 76,02% dan Cu 71,26%.

Penggunaan jenis dan konsentrasi larutan aktivator yang berbeda dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik pori dan daya adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan. Berdasarkan pemaparan di atas, penulis tertarik untuk melakukan suatu penelitian yang berjudul "*Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi Kimia-Fisika Untuk Adsorpsi Logam Cu dan Fe*". Diharapkan dari penelitian ini dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki efisiensi penyerapan logam berat yang lebih tinggi dari pada karbon aktif yang dibuat hanya dengan aktivasi fisika saja yang telah

dilakukan pada penelitian sebelumnya, guna menghasilkan kualitas pori yang terbaik yang akan mempengaruhi aplikasinya sebagai filter limbah cair.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa teraktivasi kimia fisika?
2. Apa pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap efisiensi adsorpsi logam Cu dan Fe?
3. Berapakah konsentrasi larutan aktivator KOH yang optimal untuk menghasilkan karbon aktif dengan kualitas yang paling baik?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pembatasan masalah yaitu:

1. Menggunakan larutan KOH sebagai larutan aktivator untuk metode aktivasi kimia.
2. Menggunakan gas argon sebagai gas inert untuk metode aktivasi fisika.
3. Variabel terikat penelitian ini adalah efisiensi adsorpsi karbon aktif terhadap logam Cu dan Fe.
4. Variabel bebas penelitian ini adalah konsentrasi larutan aktivator KOH.

1.4 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

“Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap morfologi karbonaktif tempurung kelapa dan efisiensinya dalam mengadsorpsi logam Cu dan Fe.”

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa teraktivasi kimia fisika dengan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM).
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap efisiensinya mengadsorpsi logam Cu dan Fe dengan uji *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).
3. Menentukan konsentrasi larutan aktivator KOH yang optimal untuk menghasilkan karbon aktif dengan kualitas yang paling baik.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi pengetahuan tentang proses pembuatan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi dengan dua tahap yaitu secara kimia fisika dan aplikasinya sebagai filter limbah cair yang mengandung logam Cu dan Fe.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arang Tempurung Kelapa

Menurut Badan Pusat Statistik (2014), luas perkebunan kelapa di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 3,78 juta hektar. Dikutip dari (Agustian, 2003) bahwa produksi buah kelapa Indonesia rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton tempurung kelapa, 1,8 juta ton serat sabut dan 3,3 juta ton debu sabut. (Zainal, 2005) Dari data tersebut tempurung kelapa memiliki potensi yang besar sebagai bahan baku dari karbon aktif yang keberadaannya sangat melimpah di Indonesia, dimana mempunyai kadar karbon yang tinggi seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan kandungan bahan dan arang tempurung kelapa.

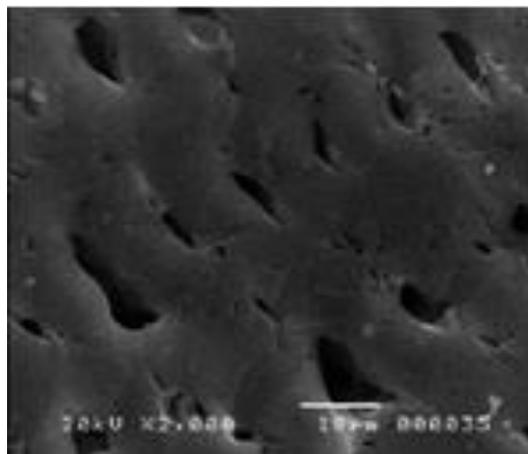
Sumber : (Esmar Budi, dkk. 2013)

Bahan	Komponen	Kandungan %
Tempurung kelapa	Moisture	10,46
	Volatile	67,67
	Karbon	18,29
	Abu	3,58
Arang tempurung kelapa	Volatile	10,60
	Karbon	76,32
	Abu	13,08

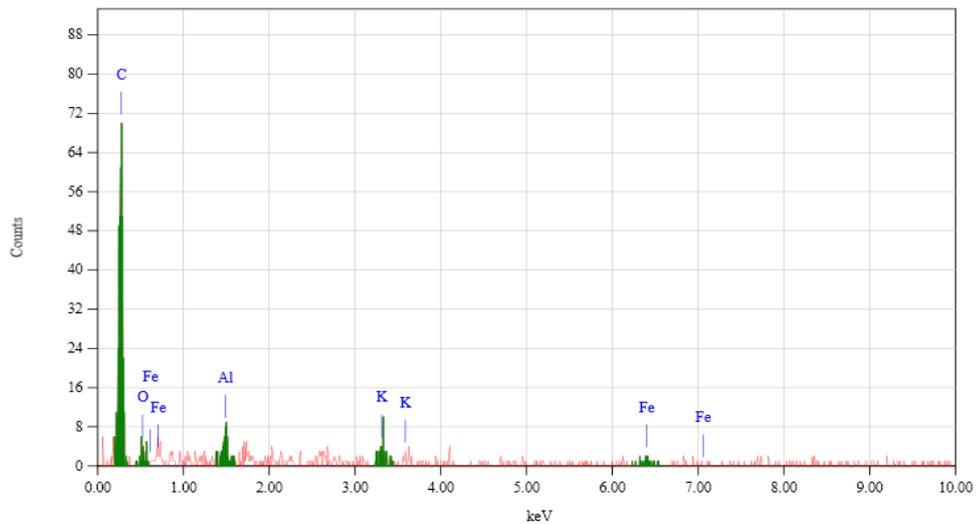
Perubahan tempurung kelapa menjadi arangnya menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan presentase kandungan abu,

menghilangkan kandungan *moisture* dan pengurangan kandungan *volatile*. Dibandingkan dengan arang bahan alami lain seperti arang batang buah jagung, gabah padi dan tempurung buah coklat (12–20% C), arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber karbon aktif. (Esmar Budi, dkk, 2013)

Ukuran partikel arang juga mempengaruhi kemampuan penyerapan khususnya dalam penyerapan limbah unsur-unsur logam berat dari limbah cair. Kemampuan penyerapan akan berkurang seiring dengan pengurangan ukuran partikel dari 0,3 – 0,04 mm. Partikel berbentuk bulat yang ukuran besar memiliki kemampuan penyerapan yang baik dan umumnya partikel karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa yang digunakan adalah berukuran 3 – 4 mm. (Esmar Budi, dkk, 2013)



Gambar 2.1 Foto SEM arang tempurung kelapa hasil pirolisis
Sumber : (Esmar Budi, dkk. 2013)



Gambar 2.2 Hasil analisis EDS pada arang tempurung kelapa
 Sumber : (Esmar Budi, dkk. 2013)

Hasil kajian awal SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa memiliki morfologi yang berpori (Gambar 2.1). Hal ini penting dalam kaitannya sebagai sifat penyerap. Komposisi kandungan unsur arang tempurung kelapa yang dianalisis dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) ditunjukkan pada Gambar 2.2. Hasil EDS menunjukkan bahwa unsur utama dari arang tempurung kelapa adalah karbon (C) dengan presentase kandungan berat sebesar 82.92 %wt. (Esmar Budi, dkk, 2013)

2.2 Karbon Aktif

Dasar produksi industri modern karbon aktif didirikan pada 1900-1901 untuk menggantikan arang tulang dalam proses pemurnian gula. Karbon aktif bubuk pertama kali diproduksi secara komersial di Eropa pada awal abad ke-19, menggunakan kayu sebagai bahan baku. Penggunaan karbon aktif untuk

pengolahan air di Amerika Serikat pertama kali dilaporkan pada tahun 1930, untuk penghapusan rasa dan bau dari Wate terkontaminasi. (Mohan, 2006)

Karbon aktif adalah bentuk kasar dari grafit acak atau struktur amorf yang sangat berpori dengan berbagai ukuran pori terlihat dari retak, celah-celah dan celah dari dimensi molekuler. Karbon aktif dapat berasal dari batok kelapa, arang kayu, lignin, kokas minyak bumi, serbuk gergaji, kulit padi, dan lain-lain. (Mohan, 2006)

Karakteristik suatu karbon aktif sangat tergantung pada bahan asal dan kondisi saat pengaktifan. Dengan bahan asal yang sama akan diperoleh karakteristik yang berbeda bila kondisi pengaktifannya berbeda. Demikian pula jika bahannya berbeda, meskipun kondisi pengaktifannya sama akan dihasilkan sifat karbon aktif yang berbeda pula. (Sudarsono, dkk, 1998)

Penyusunan karbon aktif umumnya terdiri dari dua langkah yaitu karbonisasi dan aktivasi karbon. Karbonisasi terdiri dari dekomposisi termal pada suhu 400-900°C untuk menghilangkan spesies non karbon dan menghasilkan massa karbon tetap dengan struktur pori dasar. Di sisi lain, tujuan aktivasi adalah untuk memperbesar diameter pori dasar dan untuk membuat pori-pori baru dan dapat dilakukan dengan cara kimia atau fisika. (Hernández, 2012)

Menurut klasifikasi *Steenberg*, karbon aktif dibedakan menjadi:

- a. Karbon aktif di 200-400°C, yang disebut *karbon L*, umumnya mengembangkan oksida permukaan asam dan rendah nilai pH larutan. Mereka menyerap basa, hidrofilik, dan menunjukkan potensi zeta negatif.

b. Karbon aktif di 800-1000°C, disebut *karbon H*, mengembangkan oksida permukaan dasar dan meningkatkan pH. Mereka menyerap asam dan menunjukkan potensi zeta positif. Jika pendinginan karbon H terjadi kontak dengan udara maka menyebabkan perubahan potensi zeta ke nilai negatif akibat pembentukan asam oksida permukaan. (Mohan, 2006)

Kelompok-kelompok asam pada karbon aktif menyerap ion logam. Karbon L lebih kuat dari karbon H dan lebih efisien menyerap ion logam. Luas permukaan mungkin menjadi faktor utama untuk adsorpsi pada karbon aktif. (Mohan, 2006)

Kapasitas serap karbon aktif sangat berhubungan dengan karakteristik pori seperti luas permukaan pori, volume pori, dan distribusi ukuran pori. Sistem pori karbon aktif dapat sangat bervariasi baik dalam ukuran dan bentuk. Klasifikasi pori karbon aktif menurut ukuran pori dapat dilihat pada tabel 2.2.

Table 2.2 Klasifikasi pori karbon aktif menurut ukuran pori

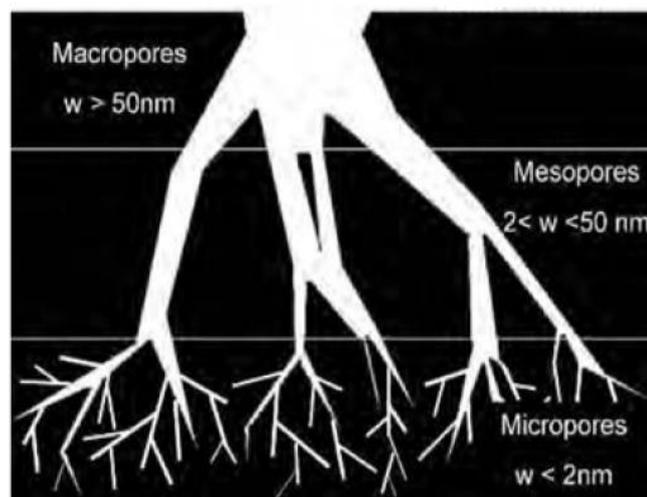
Sumber : (IUPAC, 1972)

Tipe Pori	Ukuran
Mikro Pori	< 2 nm
Meso Pori	2– 50 nm
Makro Pori	>50 nm

Umumnya mikro pori memiliki volume pori 0,15-0,70 cm³/g dan luas permukaannya 95%. Struktur mikro dibentuk oleh adsorpsi gas dan uap. Luas permukaan meso pori tidak lebih dari 5% dan volume bervariasi antara 0,1 dan 0,2 cm³/g. Namun, dengan metode khusus, mungkin untuk meningkatkan meso pori mencapai volume 0,2-0,65 cm³/g dan luas permukaan 200 m²/g. Sedangkan,

kontribusi makro pori terhadap total luas permukaan dan volume pori sangat kecil dan tidak melebihi $0,5 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $0,2\text{-}0,4 \text{ cm}^3/\text{g}$. (Gottipati, 2012)

Struktur karbon aktif ini berhubungan dengan ukuran pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben. Distribusi ukuran pori karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.3. Pada permukaan karbon aktif mempunyai ukuran makro pori dan pada bagian dalam mempunyai ukuran meso dan mikro pori. (Gottipati, 2012)



Gambar 2.3 Representasi gambar dari struktur pori karbon aktif
 Sumber : (Gottipati, 2012)

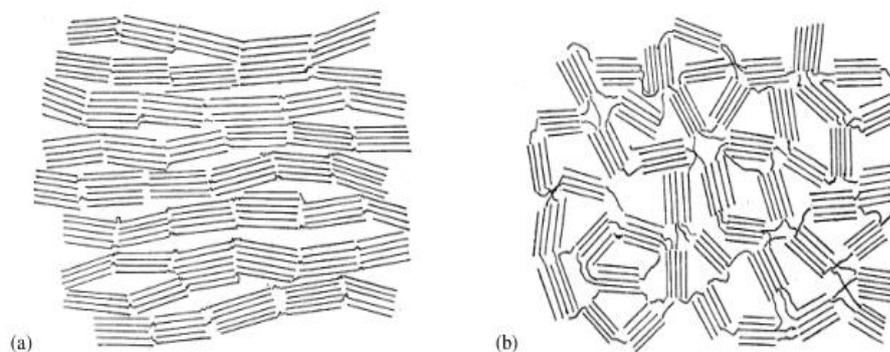
Berdasarkan sifat adsorbat dan penggunaannya, karbon aktif diklasifikasi menjadi 3 jenis, yaitu :

Tabel 2.3 Klasifikasi karbon aktif menurut penggunaannya

Jenis Karbon Aktif	Ukuran (mm)	Kegunaan
<i>Powdered Actived Carbon</i> (PAC)	< 0,18	Digunakan pada fasa gas
<i>Granular Actived Carbon</i> (GAC)	0,2-5	Digunakan pada fasa cair dan gas
<i>Extruded Actived Carbon</i> (EAC)	0,8-5	Digunakan pada fasa gas

Struktur mikrokristalin karbon aktif mulai berkembang selama proses karbonisasi. Struktur kristal karbon aktif berbeda dari grafit sehubungan dengan jarak interlayernya. Jarak *interlayer* karbon aktif antara 0,34 dan 0,35, sedangkan 0,335 untuk grafit. Unit struktural dasar karbon aktif erat kaitannya dengan struktur grafit. Grafit kristal terdiri dari lapisan segi enam yang dibentuk oleh ikatan lemah *Vaan der Waals*. (Gottipati, 2012)

Berdasarkan kemampuan *graphitizing*, karbon aktif diklasifikasikan menjadi dua jenis, *graphitizing* dan karbon *non graphitizing*. Karbon *graphitizing* memiliki sejumlah besar lapisan grafit paralel berorientasi satu sama lain. Karbon yang diperoleh adalah halus karena memiliki ikatan *cross link* lemah antara kristal-kristal mikro dan memiliki struktur berpori kurang berkembang. Karbon *non graphitizing* memiliki ikatan *cross link* yang kuat yang menghubungkan antara kristal-kristal dan menunjukkan struktur mikro berkembang dengan baik. Pembentukan struktur *non graphitizing* dengan *cross link* yang kuat disebabkan oleh kehadiran oksigen atau oleh kekurangan hidrogen dalam bahan baku asli. (Gottipati, 2012)



Gambar 2.4 Skematik ilustrasi dari struktur karbon aktif : (a) karbon *graphitizing* dan (b) karbon *non graphitizing*. Sumber : (Franklin, 1951)

Permukaan karbon aktif umumnya mengandung berbagai jenis oksigen kompleks yang muncul dari bahan baku maupun dari penyerapan oksigen selama proses aktivasi. Oksigen kompleks yang berada di permukaan karbon aktif terutama dalam bentuk empat oksida yang berbeda yaitu asam karboksilat kuat, karboksilat lemah, fenolik, dan gugus karbonil. Juga, ada gugus dasar seperti eter siklik. Kehadiran permukaan oksida menambahkan sifat polar untuk karbon aktif. Perlakuan panas pada karbon dalam suasana *inert* dapat menghilangkan kelompok oksida permukaan tersebut. (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

Gugus fungsional oksida pada permukaan memainkan peran penting dalam adsorpsi berbagai molekul organik. Sebagai contoh, senyawa aromatik dapat terserap pada oksigen karbonil pada permukaan karbon sesuai dengan mekanisme kompleksasi donor-akseptor. Karbonil oksigen bertindak sebagai donor elektron, sedangkan cincin aromatik dari zat terlarut bertindak sebagai akseptor elektron. Karbon aktif mungkin berisi sejumlah besar mineral, terutama kalsium, sulfat, dan ion fosfat. Gugus-gugus ini serta gugus fungsional permukaan organik asam atau basa mempengaruhi sifat permukaan karbon aktif. (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

Berbagai versi standar kualitas karbon aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang dan Jerman. Indonesia telah membuat Standar Industri Indonesia (SII 0258-79) yang kemudian direvisi menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). (Sudrajat, dkk, 2011)

Tabel 2.4 Standar kualitas karbon aktif menurut SNI (1995)

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, 1995)

Uraian	Prasyarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	Maks 15	Maks 25
Kadar air (%)	Maks 4,5	Maks 15
Kadar abu (%)	Maks 2,5	Maks 10
Bagian tidak mengarang	-	-
Daya serap terhadap I ₂ (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap benzena (%)	Min 25	-
Daya serap terhadap biru metilen (mg/g)	Min 60	Min 120
Berat jenis curah (g/ml)	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325 (%)	-	Min 90
Jarak mesh (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

2.2.1 Aktivasi Kimia

Fungsi aktivasi kimia adalah untuk menghambat pembentukan tar dan produk yang tidak diinginkan lainnya selama proses karbonisasi. Juga, distribusi ukuran pori dan luas permukaan dapat ditentukan oleh rasio antara massa bahan kimia dan bahan baku. Aktivasi kimia dicapai dalam satu langkah dengan melakukan dekomposisi termal dari bahan baku yang diresapi dengan bahan kimia tertentu seperti H₃PO₄, H₂SO₄, HNO₃, NaOH, KOH dan ZnCl₂. (Hernández, 2012) Keuntungan dengan kimia aktivasi diantaranya: karbon aktif diperoleh dalam satu langkah, kontrol yang lebih baik dari sifat tekstur, tingkat luas permukaan yang tinggi, distribusi ukuran mikropori yang rapat, penurunan

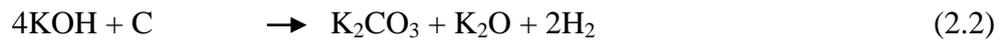
kandungan bahan mineral. Kekurangan dengan aktivasi kimia: kekorosifan, membutuhkan tahap pencucian, dan lebih mahal dibandingkan aktivasi fisika. (Hernández, 2012)

- **KOH (Kalium Hidroksida)**

Hidroxides Alkaline (KOH, NaOH) dan karbonat (K_2CO_3 , Na_2CO_3) telah digunakan sebagai reagen aktivasi dalam penyusunan karbon aktif dengan permukaan spesifik yang tinggi. Aktivasi dengan KOH pertama kali dilaporkan pada akhir tahun 1970 oleh *AMOCO Corporation*; sejak itu banyak penelitian telah dikhususkan untuk persiapan karbon aktif oleh aktivasi kimia dengan KOH. Terdapat dua prosedur pengaktifasian dengan KOH diantaranya karbon dapat dicampur dengan bubuk KOH atau diresapi dengan larutan pekat dari KOH. (Hernández, 2012)

Secara umum, aktivasi kimia dengan KOH dan NaOH memungkinkan untuk memperoleh karbon dengan luas permukaan yang tinggi ($> 1000 \text{ m}^2/\text{g}$). Seperti dalam penelitian yang dilakukan oleh (Mahmud S dan Lydia, 2011), aktivasi menggunakan KOH menghasilkan luas permukaan yang paling tinggi dibandingkan dengan menggunakan $ZnCl_2$. Luas permukaan tertinggi sebesar $938,2 \text{ m}^2/\text{g}$ diperoleh dengan rasio massa aktivator KOH/massa arang : 3/1. Sedangkan aktivasi menggunakan $ZnCl_2$ diperoleh luas permukaan tertinggi sebesar $632 \text{ m}^2/\text{g}$ dengan rasio massa aktivator $ZnCl_2$ /massa arang 2/1. Sedangkan pada penelitian (Mohd Iqbalidin, dkk, 2013), aktivasi kimia menggunakan KOH 50% dapat meningkatkan luas permukaan karbon aktif hingga $1768,8 \text{ m}^2/\text{g}$ dibandingkan arang tempurung kelapa yang hanya $36,5 \text{ m}^2/\text{g}$.

Secara umum aktivasi KOH melibatkan reaksi redoks di mana karbon dioksidasi menjadi karbonat dan pengurangan hidroksida menginduksi kalium dan hidrogen. Reaksi yang terjadi selama aktivasi KOH adalah: (Gottipati, 2012)



2.2.2 Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika atau termal menggunakan gas pengoksidasi (CO_2 , uap, udara) untuk aktivasi karbon setelah karbonisasi, dalam kisaran suhu $800\text{-}1100^\circ\text{C}$. Aktivasi fisika dapat dilakukan dengan menggunakan tungku tubular, reaktor, meredam tungku dan baru-baru ini dalam reaktor kaca ditempatkan dalam oven *microwave* dimodifikasi. (Sudrajat, dkk, 2011)

Pada karbon aktif hasil aktivasi fisika terlihat lebih berwarna hitam dari pada karbon aktif yang hanya didehidrasi (aktivasi kimia) saja. Warna yang lebih hitam ini dikarenakan proses aktivasi fisika yang menggunakan metode *hydrothermal* menghasilkan serbuk yang masih sedikit basah berbeda dengan dehidrasi yang benar-benar kering. Serta serbuk karbon aktif yang didapat semakin halus jika temperatur aktivasi fisiknya semakin tinggi dan pada serbuk karbon aktif yang hanya didehidrasi serbuk yang didapat lebih kasar. Hal ini menunjukkan bahwa pada aktivasi fisika terdapat pemecahan kembali rantai

karbon yang masih tersisa dan pada proses dehidrasi tidak terjadi. Efek dari aktivasi fisika tersebut semakin optimal jika temperatur aktivasi fisiknya semakin tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur aktivasi fisiknya maka karbon aktif yang dihasilkan semakin bersih dari pengotor dan ikatan organik semakin banyak yang terlepas. Jika karbon aktif bersih dari pengotor maka pori-porinya akan semakin banyak dan luas permukaannya akan semakin besar jika ukuran partikelnya semakin kecil. (Latifan, 2012)

Kemampuan penyerapan dari karbon aktif sangat dipengaruhi oleh morfologi pori. Semakin banyak jumlah pori dan semakin kecil ukuran pori yang terbentuk maka karbon aktif yang dihasilkan akan semakin baik. Pembentukan morfologi dipengaruhi oleh variabel tekanan gas *inert*, temperatur dan periode aktivasi fisika.

Dari hasil penelitian (Bernadeta, 2013), proses aktivasi dilakukan dengan variasi tekanan gas Argon 6.59 kg.f/cm², 15 kg.f/cm² dan 23,4 kg.f/cm² pada suhu *furnace* 700°C dengan periode aktivasi selama 60 menit. Disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, maka pori yang dihasilkan semakin kecil dan distribusinya merata sehingga semakin baik pula karbon aktif yang dihasilkan. Sedangkan dari penelitian (Yani, 2013), proses aktivasi dilakukan dengan tekanan 15 kg.f/cm² selama 60 menit dengan variasi suhu 532 °C, 700 °C dan 868°C. Didapatkan hasil bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, semakin banyak jumlah pori yang terbentuk. Dan dari penelitian (Jannie, 2013), proses aktivasi pada suhu 700°C dalam suasana gas Argon bertekanan 15 kg.f/cm² dengan variasi periode aktivasi 10, 60, dan 120 menit. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa

semakin lama periode aktivasi maka pori karbon aktif yang terbentuk semakin banyak dengan ukuran yang bervariasi.

Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa keuntungan aktivasi fisika diantaranya menghindari penggabungan kotoran yang berasal dari aktivator kimia, proses ini tidak korosif, pencucian tidak diperlukan, dan lebih murah. Sedangkan kekurangan dengan aktivasi fisika diantaranya karbon yang diaktifkan diperoleh dalam dua tahap, suhu yang lebih tinggi dari aktivasi (800-1000°C). (Hernández, 2012)

- **Gas Argon (Ar)**

Dalam ilmu kimia, istilah *inert* digunakan untuk mendefinisikan suatu zat yang tidak bereaksi secara kimiawi. Gas mulia sebelumnya diketahui sebagai gas *inert* karena diketahui rendah tingkat partisipasinya dalam persenyawaan kimia. Alasan mengapa hal ini terjadi adalah karena kulit elektron terluar mereka sudah lengkap terisi, sehingga mereka memiliki kemungkinan yang rendah untuk mendapatkan atau kehilangan elektron. (<http://www.suryabiru.co.id/argon.htm>.)

Argon dihasilkan dari penyulingan bertingkat udara cair karena atmosfer mengandung 0,49% argon. Argon merupakan penyusun 0,934% (berdasarkan volume) atau 1,29% (berdasarkan massa) atmosfer bumi. Kira-kira dihasilkan 700.000 ton argon diseluruh dunia setiap tahunnya. Titik didih argon berkisar – 185,9°C. Argon tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, mudah larut dalam air, dan bukan gas yang mudah terbakar. (<http://www.suryabiru.co.id/argon.htm>.)

Komponen gas atmosfer inert seperti Argon dan Nitrogen memiliki banyak aplikasi seperti sebagai atmosfer *inert* pada pengelasan, produksi logam di

industri, dan eksperimen di laboratorium untuk proses aktivasi karbon aktif. Hal ini karena Ar tidak reaktif sehingga logam tidak akan teroksidasi seperti halnya jika proses berlangsung di udara terbuka. (<http://www.suryabiru.co.id/argon.htm>.)

2.3 Adsorpsi Karbon Aktif

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu *film* (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon. (Syauqiah, 2011)

Adsorpsi dibatasi terutama oleh proses difusi *film* atau difusi pori, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan *film* yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat. Adsorpsi adalah reaksi eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik. (Syauqiah, 2011)

Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel karbon. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperatur dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut. *Morris* dan *Weber* menemukan bahwa laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben. Kecepatan ini juga meningkat dengan menurunnya pH sebab perubahan muatan pada permukaan karbon. (Syauqiah, 2011)

Mekanisme adsorpsi dibedakan menjadi dua yaitu, adsorpsi secara fisika (fisiosorpsi) dan adsorpsi secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisiosorpsi 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. Sedangkan pada proses 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). (Syauqiah, 2011)

2.3.1 Metode Adsorpsi

Secara umum terdapat dua metode dalam proses adsorpsi yaitu metode kontinyu dan metode *batch*. Metode kontinyu dilakukan dengan cara mengalirkan limbah secara gravitasi ke bawah dengan variasi debit tertentu ke kolom kontinyu. Sedangkan, metode *batch* dilakukan dengan mencampurkan antara media dan *solute* limbah, juga dilakukan agitasi (pengadukan) agar terjadi kontak secara merata. Hasil proses batch ini dapat ditampilkan dalam bentuk kurva adsorpsi *isotherm*. Selain bertujuan menghasilkan kurva *isotherm*, penelitian proses *batch* juga dapat digunakan untuk mengukur efisiensi removal. Efisiensi removal diukur dengan membandingkan konsentrasi limbah sebelum proses adsorpsi dan setelah proses adsorpsi. Dalam proses *batch* ini dimungkinkan untuk melakukan penelitian terhadap beberapa variabel seperti kecepatan pengadukan, waktu pengadukan, diameter adsorben, massa adsorben, konsentrasi limbah. (Derifa, Raditya, dkk.)

Menurut penelitian (Liliya, dkk, 2011), limbah cair yang di adsorpsi dengan media zeolit menggunakan metode *batch* mengalami penurunan kandungan logam berat Kromium (Cr) dan Timbal (Pb) relatif tinggi dibandingkan metode kontinyu. Sehingga metode yang paling efektif untuk adsorpsi yaitu metode batch.

2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Menurut (Cooney, 1998), ada banyak faktor yang mempengaruhi adsorpsi secara fisik, yaitu:

1. Suhu

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

2. Luas permukaan karbon

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

3. Struktur pori dari karbon

Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil.

4. Pengenceran pH

Pengaruh pada pengenceran pH sangat penting ketika adsorpsi merupakan untuk zat yang dapat terionisasi. Pada umumnya tingkat adsorpsi akan meningkat apabila pH diturunkan.

5. Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

6. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila

pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

7. Waktu Kontak

Semakin lama waktu kontak yang digunakan semakin meningkat penurunan kadar logam karena proses penyerapan adsorbat lebih baik.

2.3.3 Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme adsorpsi kebanyakan terjadi pada permukaan dalam pori adsorben dan hanya sebagian kecil yang diadsorpsi oleh permukaan luar pori adsorben. (Hendry dan yulinah, 2000)

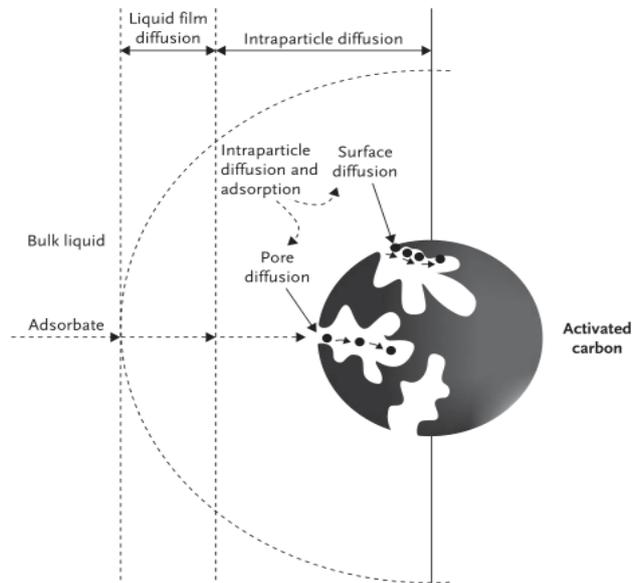
Empat langkah yang harus berlangsung agar terjadi proses adsorpsi adalah (Abdul, 1992) :

a. *Bulk Solution Transport* (Adveksi)

Merupakan perpindahan dari substrat dalam larutan ke permukaan partikel, biasa terjadi cepat selama terjadi *mixing* (pengadukan) pada reaktor *complete mixed*.

b. *Difusi Eksternal*

Pada langkah ini terjadi difusi dari substrat melalui lapisan film yang berada di permukaan partikel. Gambar 2.5. Transport massa melalui lapisan ini terjadi dengan difusi molekul dengan kekuatan pendorongnya adalah perbedaan konsentrasi. Tingkat difusi ini tergantung pada sifat hidrodinamika sistem. (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)



Gambar 2.5 Eksternal dan internal transportasi dari adsorbat dalam partikel karbon aktif.

Sumber : (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

c. *Intraparticle (internal) difusi*

Difusi intrapartikel merupakan proses perpindahan adsorbat dari permukaan partikel seperti karbon ke bagian dalam dari adsorben dengan proses difusi melalui media cair yang berada di dalam pori-pori. Hal ini tergantung pada kondisi hidrodinamik dalam sistem, juga bergantung pada struktur dan ukuran pori partikel. Difusi intrapartikel dapat terjadi dengan difusi pori, yang merupakan difusi molekul zat terlarut dalam pori-pori berisi cairan. Selain itu, ada jenis lain dari difusi intrapartikel yaitu disebut difusi permukaan. Difusi permukaan adalah difusi zat terlarut sepanjang permukaan adsorben setelah adsorpsi berlangsung. Difusi permukaan hanya terjadi jika permukaan gaya tarik menarik tidak cukup kuat untuk mencegah mobilitas permukaan molekul. Hal ini kemungkinan besar akan signifikan dalam adsorben berpori dengan luas permukaan yang tinggi dan pori-pori yang sempit. Umumnya, makropori disebut difusi pori dan mikropori

difusi disebut difusi permukaan. Difusi pori dan difusi permukaan sering bertindak secara paralel di pedalaman partikel adsorben. (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

d. *Adsorpsi*

Setelah pengangkutan adsorbat ke bagian dalam dari permukaan adsorben, ikatan adsorpsi terbentuk. Dalam kasus fisiosorpsi, perpindahan adsorbat ke adsorben dianggap berlangsung sangat cepat dengan difusi. Namun, jika adsorpsi disertai dengan reaksi kimia (kemisorpsi) yang mengubah sifat molekul, reaksi kimia mungkin lebih lambat dari langkah difusi dan dengan demikian dapat mengontrol tingkat pemindahan. (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

2.4 Logam Berat

Logam berat adalah polutan utama di laut, tanah, dan air limbah industri. Tidak seperti polutan organik, mayoritas yang rentan terhadap degradasi biologis, ion logam tidak terdegradasi oleh lingkungan. Logam dapat terakumulasi dalam elemen lingkungan seperti rantai makanan dan dengan demikian dapat menimbulkan bahaya yang signifikan terhadap kesehatan manusia. (S.R Sigh, 2012)

Logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu : (Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas, 2012)

- a. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu yang singkat. Logam-logam tersebut adalah Hg, Pb, Cd, Cr dan As.

- b. Moderat, dapat mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang pulih maupun tidak dalam waktu yang relatif lama. Logam-logam tersebut adalah Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co dan Rb.
- c. Kurang beracun, logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan. Logam-logam tersebut adalah Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn.
- d. Tidak beracun, yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Logam-logam tersebut adalah Na, Al, Sr dan Ca.

Selama ini logam berat bisa dihilangkan dengan beberapa teknik tradisional, seperti curah hujan kimia, *reverse* osmosis, teknik elektrokimia, pertukaran ion, membran filtrasi, koagulasi, ekstraksi, iradiasi, dan adsorpsi. Karena biaya yang efektif, efisiensi tinggi rendah, dan mudah dioperasikan untuk menyerap ion logam berat, teknologi adsorpsi dianggap sebagai yang paling menjanjikan untuk menghilangkan ion logam berat dari limbah. (Xiangtao, dkk, 2012)

2.4.1 Tembaga (Cu)

Logam Cu merupakan salah satu bentuk logam berat esensial untuk kebutuhan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Logam ini dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cu-protein yang dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin, kolagen, pembuluh darah. (Darmono, 1995)

a. Toksisitas Cu dalam Makhluk Hidup

Toksisitas logam tembaga yang terjadi pada manusia khususnya terjadi pada anak-anak yang biasanya terjadi karena adanya tembaga sulfat, beberapa gejala keracunan tembaga adalah sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah yang dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian. (Darmono, 2001)

b. Sifat Fisik dan Kimia Tembaga (Cu)

Tabel 2.5 Sifat fisik dan kimia Tembaga (Cu)

Nama, lambang, nomor atom	Tembaga, Cu, 29
Massa atom standar	63,54
Konfigurasi electron	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹
Massa jenis (suhu kamar)	8,94 g·cm ⁻³
Massa jenis cairan pada titik lebur	8,02 g·cm ⁻³
Titik lebur	1357.77 K, 1084.62 °C, 1984.32 °F
Jari-jari atom	0,128 nm
Jari-jari kovalen	0,132 nm

2.4.2 Besi

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari dari yang bermanfaat sampai dengan yang merusakkan, besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. (Darmono, 1995)

a. Toksisitas Besi dalam Makhluk Hidup

Kelebihan besi dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik. Kerusakan jaringan karena akumulasi besi disebut hemakromatosis, penderita hemakromatosis menunjukkan akumulasi besi di hati, limpa, jantung. Penderita

ini beresiko terserang serosis, kanker hati, jantung dan berbagai penyakit lainnya. Konsumsi besi dalam dosis besar akan merusak alat pencernaan secara langsung, lalu besi akan mengikuti peredaran darah. Kerusakan hati yang terlalu lama akan menyebabkan kematian. (Widowati, dkk, 2008)

b. Logam Berat Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe)

Tabel 2.6 Sifat fisik dan kimia Besi (Fe)

Nama, lambang, nomor atom	Besi, Fe, 26
Massa atom standar	55,84
Konfigurasi electron	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Massa jenis (suhu kamar)	7,87 g·cm ⁻³
Massa jenis cairan pada titik lebur	6,98 g·cm ⁻³
Titik lebur	1811 K, 1538 °C, 2800 °F
Jari-jari atom	0,126 nm
Jari-jari kovalen	0,132 (low spin), 0,152 (high spin) nm

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa teraktivasi kimia fisika dengan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM).
- b. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator KOH terhadap efisiensinya mengadsorpsi logam Cu dan Fe dengan uji *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).
- a. Menentukan konsentrasi larutan aktivator Kalium Hidroksida (KOH) yang optimal untuk menghasilkan karbon aktif dengan kualitas yang paling baik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama 9 bulan yaitu dari Bulan Oktober 2014 sampai dengan Juni 2015. Proses aktivasi dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material UNJ. Proses pengujian kualitas karbon aktif dilakukan di Laboratorium Fisika Material UNJ, pengujian daya adsorpsi di Laboratorium Kimia UNJ, dan pengujian karakteristik pori di Laboratorium Pengujian Material Fakultas Teknik UNJ.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengaruh konsentrasi larutan KOH pada pembuatan karbon aktif tempurung kelapa teraktivasi kimia-fisika terhadap morfologi pori karbon aktif tempurung kelapa dan aplikasinya untuk adsorpsi logam Cu dan Fe pada limbah cair.

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

3.4.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

a. Arang tempurung kelapa

Arang tempurung kelapa hasil karbonisasi sudah tersedia di Bengkel Pengolahan Tempurung Kelapa, Jurusan Fisika UNJ.

b. Larutan kimia

Larutan kimia yang digunakan adalah larutan aktivator KOH dengan konsentrasi masing-masing 30%, 40%, 50% dan 60%.

c. Gas Argon

Gas Argon digunakan sebagai gas inert dalam proses aktivasi secara fisika.

d. Aquades dan Alkohol 96%

Aquades dan Alkohol 96% digunakan untuk membersihkan arang tempurung kelapa dari zat-zat sisa hasil karbonisasi dan aktivasi.

e. Limbah buatan Cu

Larutan limbah Cu 5 mg/L dibuat dari padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Tembaga (II) Sulfat) yang dilarutkan dengan aquades.

f. Limbah buatan Fe

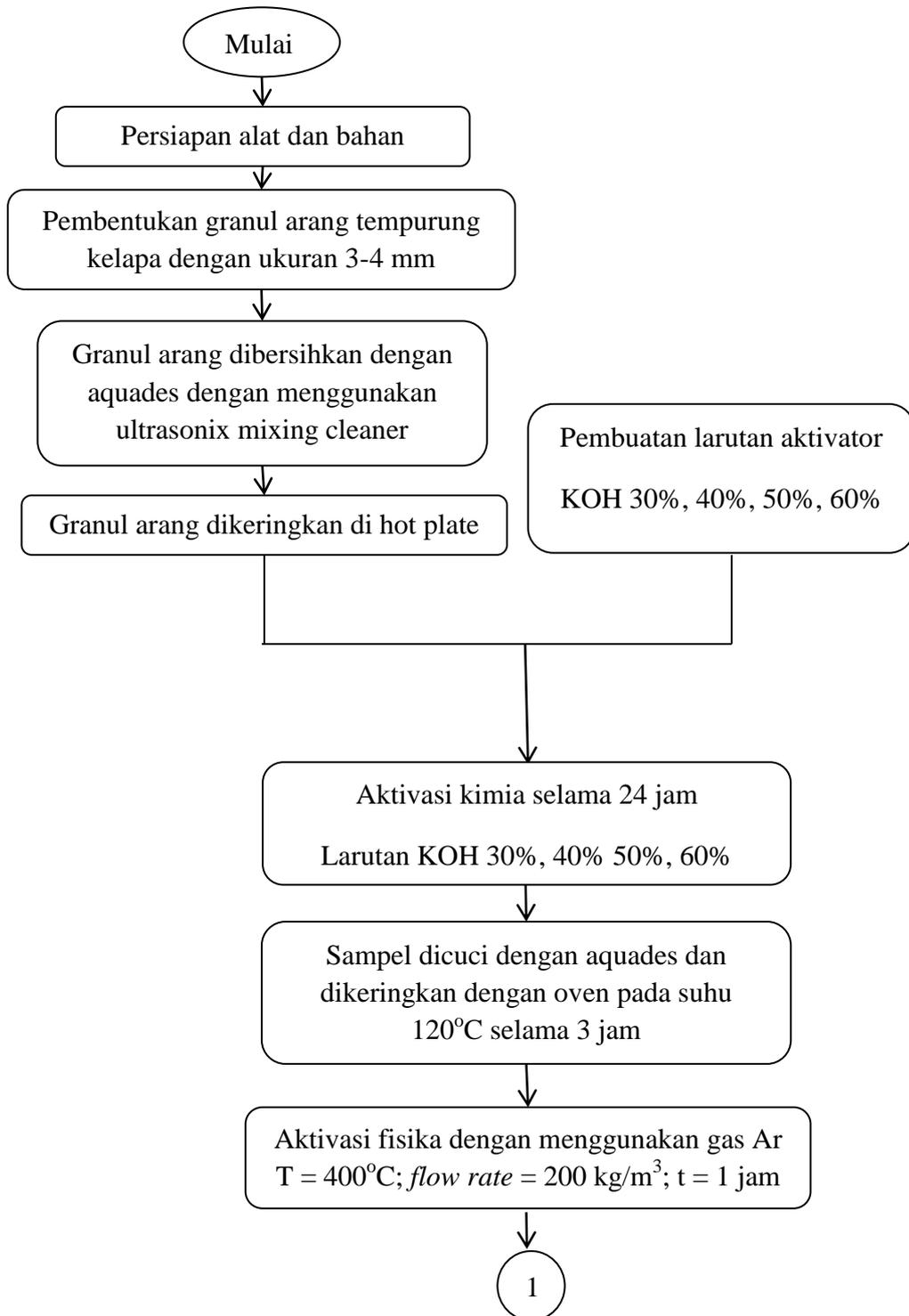
Larutan limbah Fe 5 mg/L dibuat dari padatan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Besi(II) Sulfat) yang dilarutkan dengan aquades.

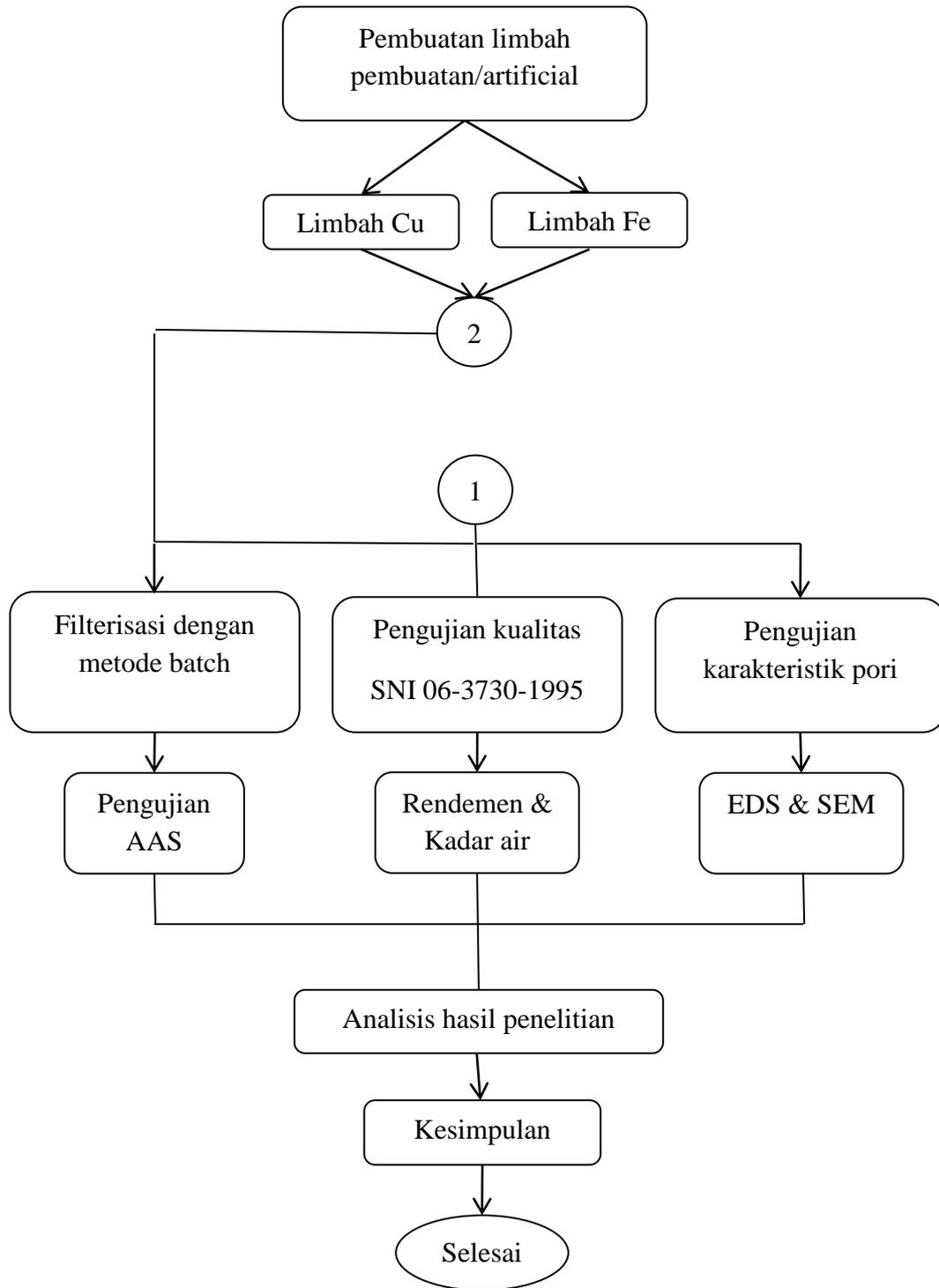
3.4.2 Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

Cawan porselin, timbangan digital, gelas ukur 25 ml, gelas kimia, spatula, pipet, botol plastik 100 ml, botol plastik 1000 ml, botol kaca, corong kaca, kertas saring *vercamen*, kertas timbang, *furnace*, oven, palu (*hammer*), tabung gas Argon, *ultrasonix mixing*, desikator, *hot plate*, dan *magnetic stirrer*.

3.5 Diagram Alir





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Preparasi Sampel

Sebelumnya telah dilakukan proses pirolisis atau karbonisasi sebanyak 100 kg tempurung kelapa dibakar pada suhu 70°C - 100°C selama kurang lebih 6 jam. Arang tempurung kelapa yang telah terbentuk kemudian dicuci dan dibersihkan dengan aquades kemudian dikeringkan dalam tungku pada suhu 120°C selama satu malam.

Kemudian arang tempurung kelapa dibuat bentuk granul secara manual dengan menghancurkan arang tempurung kelapa hingga ukuran yang 3-4 mm. Sampel selanjutnya dibersihkan dengan *ultrasonix mixing cleaner* menggunakan larutan alkohol 96% selama 30 menit pada suhu ruang. Kemudian sampel dikeringkan di *hot plate*, selanjutnya ditimbang massanya masing-masing 10 gram menggunakan timbangan digital.

3.6.2 Pembuatan Larutan Aktivator KOH

Larutan aktivator KOH dibuat dari padatan KOH yang dilarutkan menggunakan aquades. Konsentrasi larutan KOH yang digunakan adalah konsentrasi berdasarkan persentase berat. Konsentrasi KOH yang digunakan pada penelitian ini adalah 30%, 40%, 50% dan 60%.

Pembuatan larutan tersebut menggunakan rumusan berikut :

$$\% \text{ berat larutan KOH} = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{gram larutan}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.6.3 Aktivasi

Aktivasi bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori, memperbesar distribusi dan ukuran pori, serta memperluas permukaan karbon aktif. Ada dua macam metode aktivasi yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu :

a. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam 10 gram sampel menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi:

Tabel 3.1 Variasi konsentrasi larutan pada aktivasi kimia

Konsentrasi KOH	Lama Perendaman
30 %	24 jam
40 %	24 jam
50 %	24 jam
60 %	24 jam

Kemudian sampel dicuci dengan aquades dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 3 jam.

b. Aktivasi Fisika

Selanjutnya dilakukan aktivasi karbon aktif secara fisika dengan suhu furnace 400°C dengan laju aliran gas Argon 200 kg/m³ selama 1 jam. Sampel yang telah diaktivasi kemudian didinginkan dan disimpan didalam desikator.

3.6.4 Pengujian kualitas karbon aktif mengacu pada SNI 06 - 3730 – 1995

a. Rendemen

Arang aktif yang diperoleh terlebih dahulu dibersihkan, kemudian ditimbang. Rendemen dihitung berdasarkan rumus (Sudrajat, dkk, 2011) :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat karbon aktif}}{\text{Berat bahan}} \times 100 \% \quad (3.2)$$

b. Kadar air

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Sebanyak 1 gram contoh yang telah dihaluskan ditimbang dan ditempatkan dalam cawan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Lalu disimpan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali. Perhitungan kadar air menggunakan rumusan berikut (Lyliana, 2013):

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Penyusutan bobot}}{\text{massa awal sampel}} \times 100 \% \quad (3.3)$$

3.6.5 Pengujian Karakteristik Pori Karbon Aktif dengan SEM

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pori seperti luas permukaan pori, volume pori, dan distribusi ukuran pori yang akan berpengaruh pada efisiensi penyerap karbon aktif.

Perbesaran yang akan digunakan adalah berkisar 600x dan 2000x. Pengujian SEM akan dilakukan pada masing-masing sampel karbon aktif dengan variasi aktivator KOH. Dikarenakan sampel berupa arang/karbon yang tidak konduktif maka sebelum pengujian dilakukan *coating* terlebih dahulu pada sampel.

3.6.6 Pembuatan Larutan Limbah *Artificial* Cu dan Fe

a. Larutan Limbah Logam Cu

Larutan limbah artificial tembaga 5 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,01964 gram serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan dalam labu ukur sampai tanda batas. Berikut adalah pembuatan larutan *artificial* Cr^{6+} :

$$\text{Larutan limbah Cu} = \frac{Mr \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{Ar \text{ Cu}} \times 1 \text{ liter} \times 5 \text{ mg/L} \quad (3.4)$$

Larutan limbah Cu = 19,6454 mg serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 liter aquades

Larutan limbah Cu = 0,0196454 g serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 liter aquades

b. Larutan Limbah Logam Fe

Larutan limbah artificial tembaga 5 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,02489 gram serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan dalam labu ukur sampai tanda batas. Berikut adalah pembuatan larutan *artificial* Cr^{6+} :

$$\text{Larutan limbah Fe} = \frac{Mr \text{ FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{Ar \text{ Fe}} \times 1 \text{ liter} \times 5 \text{ mg/L} \quad (3.5)$$

Larutan limbah Fe = 24,8904 mg serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 liter aquades

Larutan limbah Fe = 0,0248904 g serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 liter aquades

3.6.7 Filterisasi dengan Metode Batch

Setelah mendapatkan sampel karbon aktif terbaik secara morfologi yang telah diaktivasi, tahap selanjutnya yaitu membuktikan kinerja karbon aktif sebagai filter limbah cair. Pengujian filterisasi menggunakan metode adsorpsi batch.

Karbon aktif yang telah diaktivasi kemudian dilakukan uji adsorpsi dengan menggunakan metode batch dengan cara merendam karbon aktif sebanyak 3 gr pada larutan limbah 25 mL kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirer* selama 1 jam. Selanjutnya sampel disaring menggunakan kertas saring dan air limbah hasil filter dimasukkan ke dalam botol kaca untuk pengujian *Atomic Absorbtion Spectrocopy (AAS)*.

3.6.8 Pengukuran Daya Adsorpsi Karbon Aktif dengan AAS

Pengukuran daya adsorpsi karbon aktif terhadap limbah tembaga dan besi dilakukan secara kurva kalibrasi dengan mengukur absorban dari larutan standar dan dilanjutkan dengan larutan sampel menggunakan AAS. Kurva kalibrasi dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu X diplot terhadap absorbannya sebagai sumbu Y sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus :

$$Y = bX + a \quad (3.6)$$

Keterangan: Y : Absorban

b : Kemiringan (*slope*)

X : Konsentrasi

a : Intersep

Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubstitusikan harga absorban sampel pada persamaan garis regresi linier. (Khopkar, 1990)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Karbon Aktif

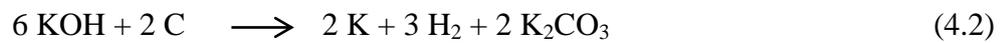
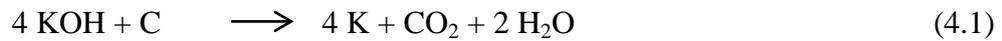
4.1.1 Proses Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa pada larutan Kalium Hidroksida (KOH) selama 24 jam dengan variasi konsentrasi 30%, 40%, 50% dan 60%. Penggunaan larutan KOH sebagai zat aktivator karena larutan KOH berfungsi sebagai *dehydrating agent* yang menyerap air dalam pori karbon aktif. Dari gambar 4.1 terlihat bahwa larutan KOH hasil rendaman berwarna coklat kehitaman. Hal ini dikarenakan larutan KOH bersifat basa kuat yang korosif sehingga dapat menghilangkan kandungan *moisture* dan *volatile*.



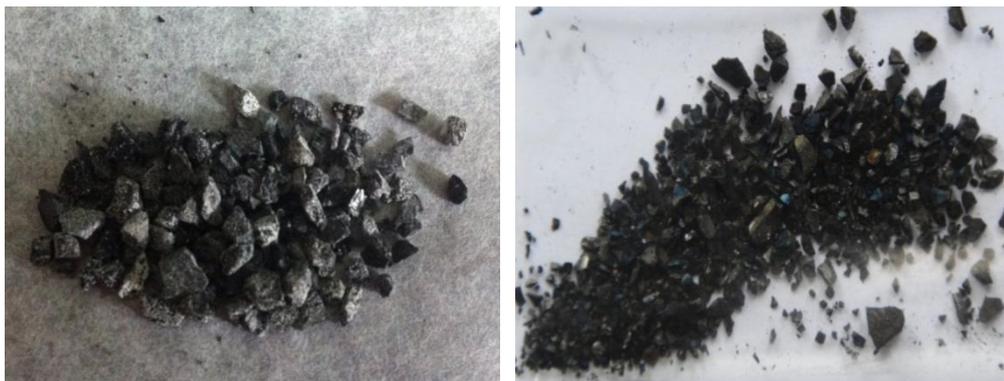
Gambar 4.1 Hasil rendaman arang tempurung kelapa pada larutan KOH

Pada produk karbon aktif hasil aktivasi kimia, terdapat serbuk putih seperti pada gambar 4.2 (a). Hal ini menunjukkan bahwa reaksi antara arang tempurung kelapa dengan KOH menghasilkan senyawa karbonat/kapur (K_2CO_3). Aktivasi kimia dengan KOH melibatkan reaksi kimia sebagai berikut (Gottipati, 2012) :



Kandungan kapur/abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga efisiensi penyerapan karbon aktif menjadi berkurang.

Reaksi antara arang dan KOH mengeluarkan air seperti pada persamaan (4.1) dan (4.3) karena KOH merupakan *dehydrating agent* yang dapat menyerap air dalam pori arang tempurung kelapa. Pada proses aktivasi ini karbon akan bereaksi dengan KOH sehingga karbon akan terkikis (membentuk lubang) menghasilkan pembentukan pori-pori seperti pada gambar 2.4. Pembentukan pori-pori ini akan memperbesar luas permukaan karbon aktif yang diperoleh sehingga efisiensi penyerapannya pun akan meningkat.



(a) (b)
**Gambar 4.2 (a). Karbon aktif hasil aktivasi kimia,
(b). Karbon aktif hasil aktivasi fisika**

Semakin bertambahnya konsentrasi KOH sebagai zat aktivator kimia maka semakin banyak hidroksida alkali yang teradsorpsi dalam karbon aktif sehingga volume pori karbon bertambah besar karena alkali berfungsi sebagai *dehydrating agent*. Akan tetapi jika terlalu besar konsentrasi KOH dapat menyebabkan terjebaknya atom Kalium (K) dalam kisi kristal karbon yang mengurangi volume pori sehingga daya serap karbon berkurang. (Kusuma dan Utomo, 1970)

4.1.2 Proses Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan gas Argon (Ar) pada tungku pemanas (*furnace*). Perlakuan panas pada karbon dalam suasana *inert* dapat menghilangkan kelompok oksida permukaan sehingga pori yang terbentuk akan semakin banyak. Keberadaan oksigen harus dihilangkan karena oksigen bersifat oksidatif yang dapat membakar atau mengikis karbon secara tak terkontrol sehingga struktur pori-pori karbon bisa rusak dan bahan baku berupa karbon akan hilang pada hasil akhir karbon aktif.

Pemanasan dilakukan pada suhu 400°C, hal ini merujuk pada klasifikasi pemanasan karbon aktif menurut *Steenberg*, bahwa karbon aktif dengan pemanasan 200°C – 400°C yang disebut dengan *L karbon* lebih efisien dalam menyerap ion logam. Pemanasan arang pada suhu tersebut dapat menghasilkan oksida permukaan asam yang dapat menyerap larutan basa. (Mohan, Dinesh dkk, 2006)

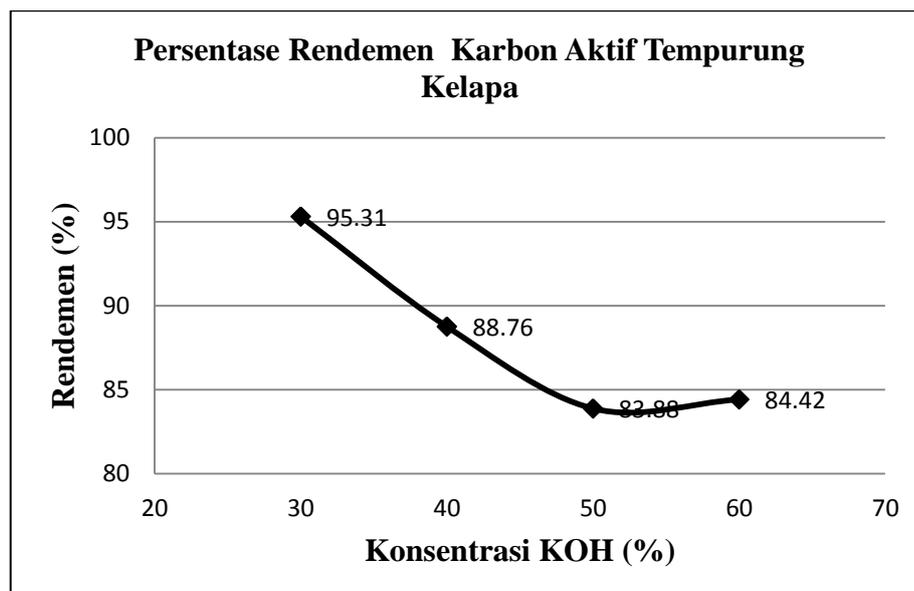
Pada produk karbon aktif hasil aktivasi fisika terlihat lebih berwarna hitam dari pada karbon aktif yang hanya didehidrasi (aktivasi kimia) saja seperti terlihat

dalam gambar 4.2 (b). Warna yang lebih hitam ini dikarenakan proses aktivasi fisika yang menggunakan metode hidrothermal menghasilkan serbuk yang masih sedikit basah berbeda dengan dehidrasi yang benar-benar kering. Serta serbuk karbon aktif yang didapat semakin halus dari pada serbuk karbon aktif yang hanya didehidrasi serbuk yang didapat lebih kasar. Hal ini menunjukkan bahwa pada aktivasi fisika terdapat pemecahan kembali rantai karbon yang masih tersisa dan pada proses dehidrasi tidak terjadi. (Latifan, 2012)

4.2 Hasil Pengujian Kualitas Karbon Aktif

4.2.1 Rendemen (karbon aktif murni)

Kehadiran KOH selama aktivasi menghasilkan degradasi material yang akan menghilangkan kandungan air dan *volatile* sehingga pori akan terbentuk. Semakin besar konsentrasi KOH maka semakin besar degradasi material yang terjadi sehingga nilai rendemen (karbon aktif murni) akan semakin menurun.



Gambar 4.3 Hasil pengujian rendemen karbon aktif

Dari grafik di atas, nilai rendemen yang didapatkan berkisar dari 83,88% - 95,31%, nilai tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995) untuk arang aktif butiran karena karbon aktif murni ditetapkan minimal 80% sehingga dapat dikatakan bahwa kandungan air, abu dan material *volatile* dalam arang tempurung kelapa telah hilang.

4.2.2 Kadar Air

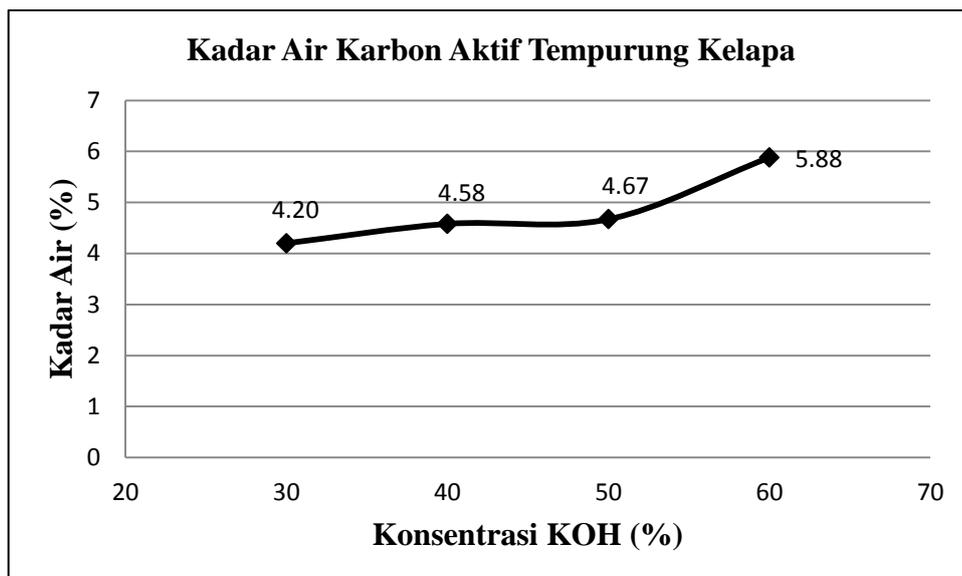
Tujuan penetapan kadar air yaitu untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Melalui uji kadar air ini dapat diketahui seberapa banyak air yang dapat teruapkan agar air yang terikat pada karbon aktif tidak menutup pori dari karbon aktif. Hilangnya molekul air yang ada pada karbon aktif menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori- pori maka efisiensi penyerapan karbon aktif menjadi bertambah.

Data massa karbon aktif mula-mula dan massa karbon aktif setelah pemanasan serta kadar air dalam karbon aktif tempurung kelapa ditunjukkan pada tabel berikut, perhitungan terdapat pada lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil penentuan kadar air karbon aktif tempurung kelapa

Karbon aktif	Berat karbon aktif mula-mula (gram)	Berat karbon aktif setelah pemanasan (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
KOH 30%	1.05	0.97	7.46	4.20
	0.99	0.96	2.43	
	0.99	0.96	2.72	
KOH 40%	1.03	0.95	8.33	4.58
	0.96	0.94	2.19	
	0.97	0.94	3.21	
KOH 50%	1.05	0.96	8.59	4.67
	0.98	0.95	2.36	
	0.98	0.95	3.06	
KOH 60%	1.03	0.93	10.37	5.88
	0.95	0.92	3.48	
	0.95	0.91	3.80	

Berdasarkan tabel di atas, nilai kadar air karbon aktif tempurung kelapa KOH 30% dan KOH 40% telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06 - 3730 – 1995) untuk arang aktif butiran karena $\leq 4,5\%$. Namun untuk KOH 50% dan 60% tidak memenuhi SNI untuk arang aktif butiran karena $\geq 4,5\%$.



Gambar 4.4 Hasil pengujian kadar air karbon aktif

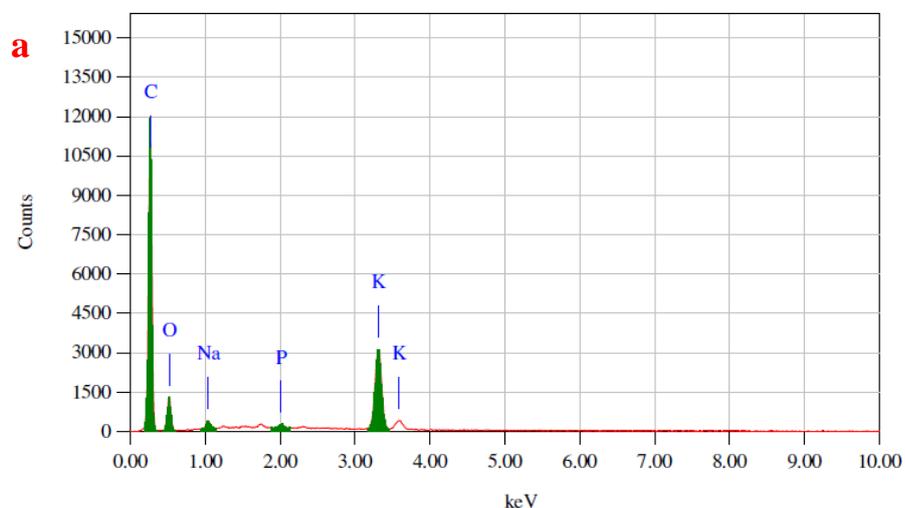
Dari Grafik di atas, terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan aktivator, nilai kadar air semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin besar konsentrasi, pori-pori yang terbentuk semakin besar. Pori-pori yang besar akan mudah disisipi oleh air atau oksigen sehingga nilai kadar airnya akan meningkat. Hal ini dikarenakan larutan KOH bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap air.

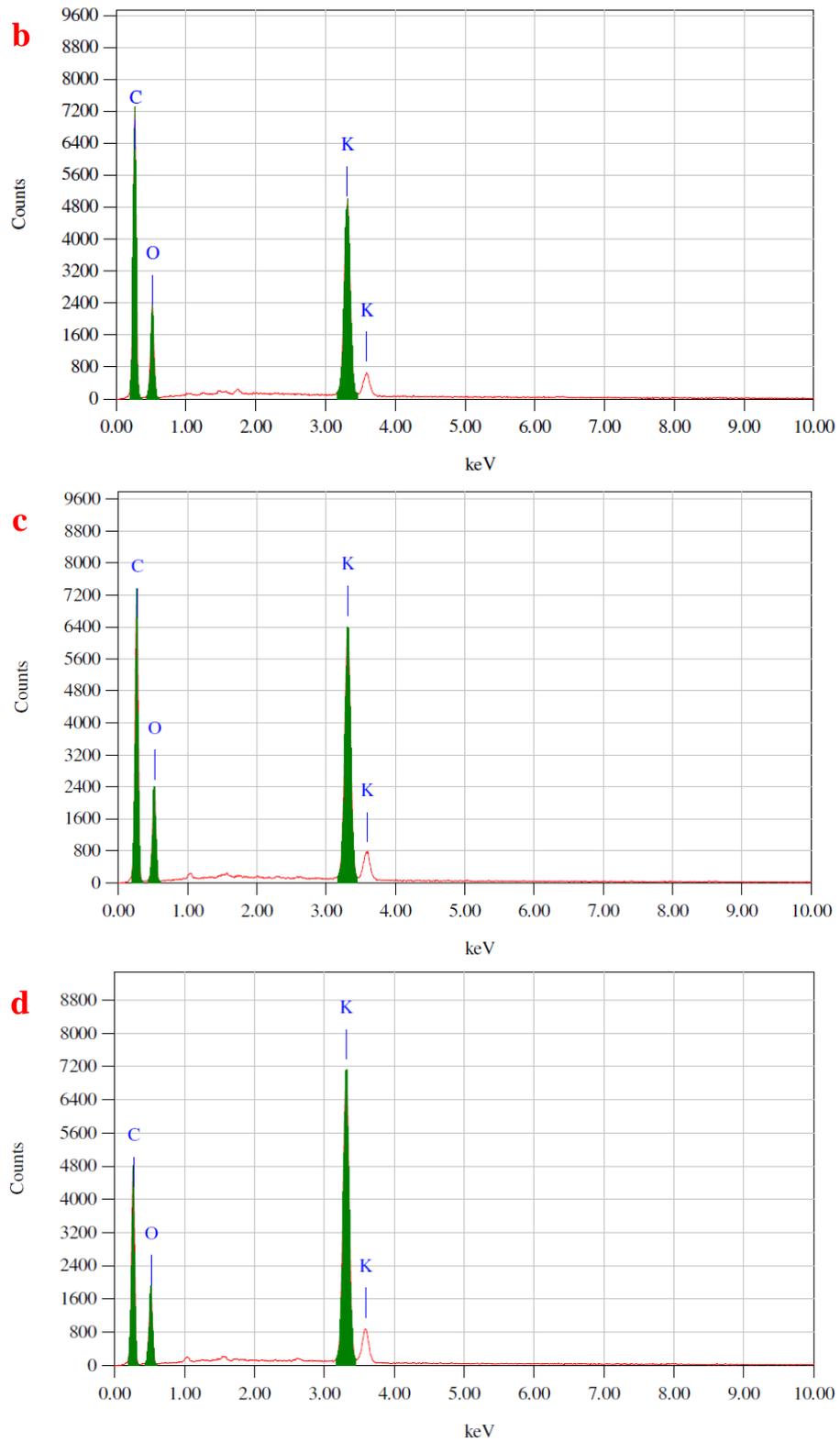
4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Pori

Sampel karbon aktif yang berisifat non konduktif direkatkan pada pemegang sampel lalu dilapisi dengan emas agar bersifat konduktif. Sampel kemudian, diamati mikrostrukturnya dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada tegangan 20 kV dan komposisi kimianya dengan menggunakan uji EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) EDAX 6510 (LA).

4.3.1 Hasil Komposisi Kimia Karbon Aktif Menggunakan EDS

Pada gambar 4.5, menunjukkan bahwa unsur utama dari arang tempurung kelapa adalah karbon karena merupakan unsur kimia terbanyak dari karbon aktif.





Gambar 4.5 (a). Hasil analisis EDS karbon aktif KOH 30%, (b). Hasil analisis EDS karbon aktif KOH 40%, (c). Hasil analisis EDS karbon aktif KOH 50%, (d). Hasil analisis EDS karbon aktif KOH 60%

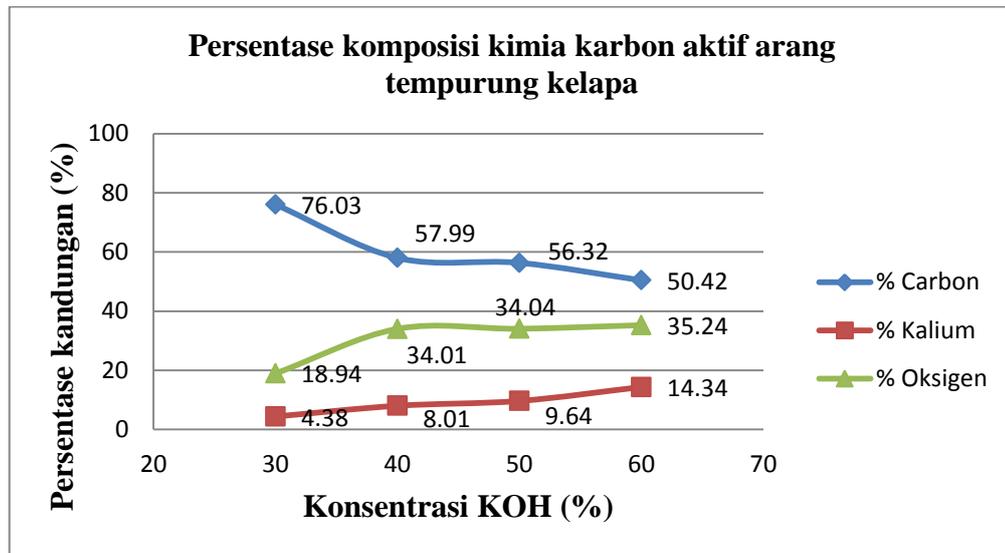
Berikut data komposisi kimia permukaan karbon aktif teraktivasi KOH

Tabel 4.2 Data komposisi kimia karbon aktif teraktivasi KOH

Unsur		Konsentrasi KOH			
		30%	40%	50%	60%
Karbon (C)	% massa	76,03	57,99	56,32	50,42
	% error	0,31	0,27	0,26	0,25
Oksigen (O)	% massa	18,94	34,01	34,04	35,24
	% error	1,86	1,11	1,07	1,03
Kalium (K)	% massa	0,25	8,01	9,64	14,34
	% error	0,25	0,19	0,18	0,17
Natrium (Na)	% massa	0,29	-	-	-
	% error	0,29	-	-	-
Phosfor (P)	% massa	0,21	-	-	-
	% error	0,21	-	-	-
Total % massa		100%	100%	100%	100%

Dari tabel di atas, terlihat bahwa pada karbon aktif teraktivasi KOH 30% terdapat kandungan Na dan P. Hal ini terjadi akibat pengotor pada proses aktivasi fisika oleh sisa larutan aktivator NaOH pada penelitian karbon aktif yang dilakukan oleh (Wulandari, 2015) dan H₃PO₄ oleh (Akbar, 2015). Hal ini didukung oleh penelitian (Esmar Budi, dkk, 2013) bahwa Na dan P bukan merupakan unsur penyusun arang aktif seperti pada gambar 2.2.

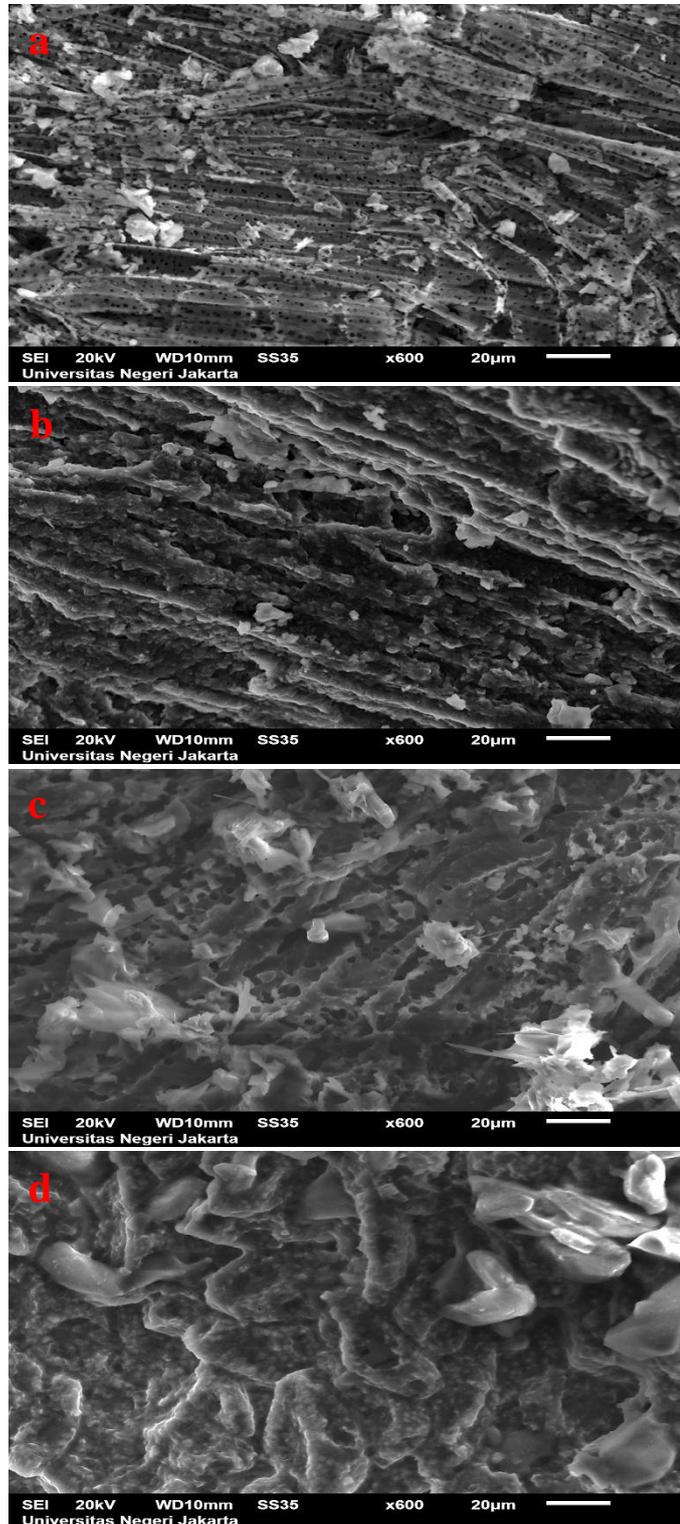
Kandungan oksigen pada setiap karbon aktif cukup tinggi yaitu berkisar dari 18,94% - 35,24%. Hal ini dikarenakan % error oksigen lebih besar dari 1% maka dapat dikatakan bahwa terdapat kehadiran oksigen ketika pengujian berlangsung. Keberadaan oksigen pada karbon aktif telah diminimalisir dengan aktivasi fisika dengan menggunakan gas Argon dalam keadaan gas *inert*. Kandungan oksigen berasal dari air (H₂O) yang terperangkap pada pori-pori karbon aktif. Semakin besar konsentrasi KOH, semakin besar kadar air yang dikandungnya akibat sifat higroskopis KOH.



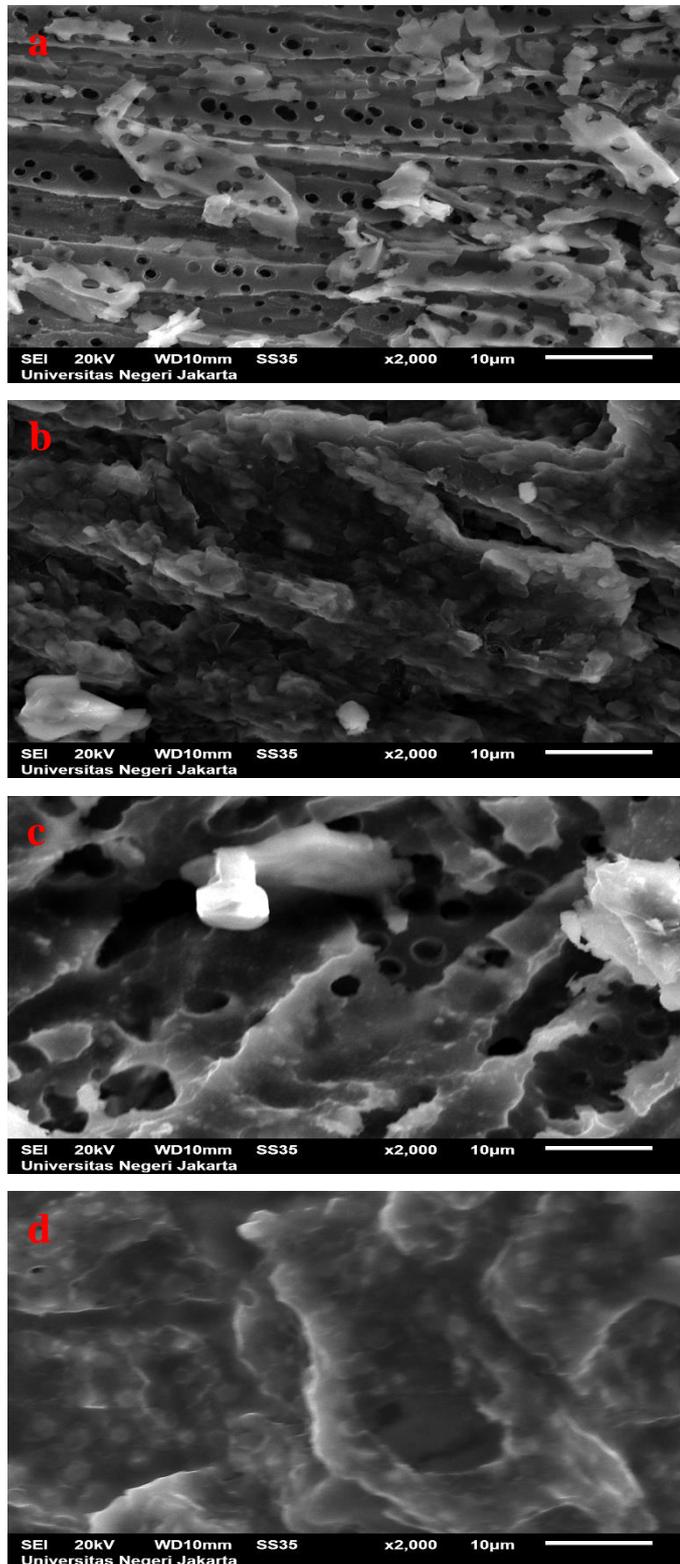
Gambar 4.6 Persentase komposisi kimia karbon aktif

Terdapatnya kehadiran oksigen yang bersifat oksidatif dapat membakar karbon dan menghasilkan senyawa karbonat (K_2CO_3). Hal ini relevan dengan kandungan K yang semakin meningkat akibat dari kandungan O (kadar air) yang meningkat seperti pada gambar 4.6. Kandungan Kalium berkisar dari 0,25% - 14,34%. Dari hasil EDS, Kalium sebenarnya merupakan komponen dasar dari arang tempurung kelapa seperti pada gambar 2.2. Namun, kandungan Kalium yang cukup tinggi disebabkan oleh terjebaknya atom K pada kisi kristal karbon. Hal ini sesuai dengan pendapat (kusuma dan utomo, 1970), bahwa semakin besar konsentrasi KOH dapat menyebabkan terjebaknya atom K dalam kisi kristal karbon aktif yang dapat mengurangi volume pori sehingga daya serap karbon berkurang. Terdapatnya kehadiran oksigen dan senyawa kapur (K_2CO_3) pada permukaan karbon aktif dapat menyebabkan tertutupnya pori-pori sehingga akan mempengaruhi efisiensi penyerapan logam berat.

4.3.2 Hasil Pengujian Morfologi Pori Menggunakan SEM



Gambar 4.7 (a). Hasil SEM karbon aktif Perbesaran 600X (a). KOH 30%, (b). KOH 40%, (c). KOH 50%, (d). KOH 60%



Gambar 4.8 (a). Hasil SEM karbon aktif Perbesaran 2000X (a). KOH 30%, (b). KOH 40%, (c). KOH 50%, (d). KOH 60%

Pada gambar 4.7(a) dan 4.8(a), terlihat karakteristik pori karbon aktif teraktivasi KOH 30%. Dari gambar terlihat bahwa distribusi pori tersebar merata di seluruh permukaan, pori yang terbentuk cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi kimia dengan KOH 30% dan aktivasi fisika dapat membentuk pori-pori karbon aktif. Pada karbon aktif ini terlihat hanya ada sedikit kapur sehingga tidak menutupi pori-pori. Ini menunjukkan bahwa senyawa kapur (K_2CO_3) yang terbentuk hanya sedikit. Hal ini dapat terlihat dari data kandungan Kalium (K) yang rendah sebesar 0,25% seperti pada tabel 4.2.

Pada gambar 4.7(b) dan 4.8(b), terlihat karakteristik pori karbon aktif teraktivasi KOH 40%. Dari gambar terlihat bahwa pori-pori karbon aktif kurang terlihat dikarenakan tertutupi oleh serbuk-serbuk putih/ kapur. Ini menunjukkan bahwa banyak terbentuk senyawa karbonat/kapur (K_2CO_3) pada karbon aktif ini. Hal ini dapat terlihat dari data kandungan Kalium (K) dan Oksigen (O) yang tinggi sebesar 8,01% dan 34,01% seperti pada tabel 4.2. Karakteristik pori seperti ini disebabkan oleh aktivasi fisika yang tidak selama 1 jam yaitu hanya selama 40 menit karena gas Argon habis ketika proses aktivasi berlangsung. Sehingga oksigen yang bersifat oksidatif dapat masuk ke *furnace* dan membakar atau mengikis karbon secara tak terkontrol dan oksigen masuk ke dalam pori sehingga struktur pori-pori karbon bisa rusak dan bahan baku berupa karbon akan hilang pada hasil akhir karbon aktif.

Pada gambar 4.7(c) dan 4.8(c), terlihat karakteristik pori karbon aktif teraktivasi KOH 50%. Dari gambar terlihat bahwa distribusi pori karbon aktif cukup tersebar merata di seluruh permukaan, pori yang terbentuk cukup banyak.

Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi kimia dengan KOH 50% dan aktivasi fisika dapat membentuk pori-pori karbon aktif. Namun pada karbon aktif teraktivasi KOH 50% terlihat banyak terdapat serbuk putih/ kapur sehingga menutupi sebagian pori-pori. Ini menunjukkan bahwa banyak terbentuk senyawa karbonat/kapur (K_2CO_3) pada karbon aktif ini. Hal ini dapat terlihat dari data kandungan Kalium (K) yang tinggi sebesar 9,64% seperti pada tabel 4.2.

Pada gambar 4.7(d) dan 4.8(d), terlihat karakteristik pori karbon aktif teraktivasi KOH 60%. Dari gambar terlihat bahwa pori-pori karbon aktif tidak terlihat dikarenakan tertutupi oleh serbuk-serbuk putih/ senyawa kapur. Ini menunjukkan bahwa banyak terbentuk senyawa karbonat/kapur (K_2CO_3) pada karbon aktif ini. Hal ini dapat terlihat dari data kandungan Kalium (K) dan Oksigen (O) yang tinggi sebesar 14,34% dan 35,24% seperti pada tabel 4.2. Karakteristik pori ini kemungkinan disebabkan oleh aktivasi fisika yang tidak selama 1 jam seperti karbon aktif 40% dikarenakan aktivasi karbon aktif KOH 40% dan 60% dilakukan secara bersamaan. Sehingga oksigen mengikis karbon dan masuk ke dalam pori sehingga struktur pori-pori karbon rusak.

Dari gambar 4.7 dan gambar 4.8, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi larutan KOH telah memberikan pengaruh pada morfologi dan karakteristik pori karbon aktif. Semakin besar konsentrasi larutan KOH, maka semakin banyak senyawa kapur (K_2CO_3) yang dihasilkan sehingga menutupi pori-pori. Selain itu, faktor lain seperti lamanya pemanasan aktivasi fisika menggunakan gas Argon juga memberikan pengaruh pada hasil morfologi karbon aktif.

Menurut (Mohan, Dinesh dkk, 2006), karbon aktif adalah bentuk kasar dari grafit acak atau struktur amorf yang berpori dengan berbagai ukuran pori terlihat dari retak, celah-celah dan celah dari dimensi molekuler. Sehingga daya adsorpsi karbon aktif terhadap logam berat tidak hanya bergantung pada karakteristik pori saja, retakan dan celah-celah pada permukaan karbon aktif masih dapat mengadsorpsi logam berat. Maka masih perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk memaksimalkan pengaruh konsentrasi agar menghasilkan kualitas morfologi karbon aktif yang baik guna aplikasinya untuk adsorpsi limbah cair logam berat.

4.3.3 Ringkasan Hasil Pengujian Karakteristik Pori

Tabel 4.3 Ringkasan data pengujian kualitas karbon aktif

Variabel		Konsentrasi KOH			
		30%	40%	50%	60%
Rendemen		95.30%	88.75%	83.88%	84.42%
Kadar Air		4.45%	4.88%	4.99%	6.37%
EDAX	C	76.03%	57.99%	56.32%	50.42%
	O	18.94%	34.01%	34.04%	35.24%
	K	0.25%	8.01%	9.64%	14.34%
	Na	0.29%	-	-	-
	P	0.21%	-	-	-
	Total	100%	100%	100%	100%
SEM		pori terlihat jelas, pori banyak, sedikit abu	pori tidak terlihat jelas, pori tertutupi abu, banyak abu	pori terlihat jelas, pori banyak, banyak abu	pori tidak terlihat, pori tertutupi abu, banyak abu

Berdasarkan data yang dihasilkan kualitas pori karbon aktif dipengaruhi oleh hasil-hasil pengujian meliputi rendemen, kadar air, dan komposisi kimia (EDS). Semakin tinggi nilai rendemen (kadar karbon) dan semakin rendah nilai kadar air maka morfologi pori akan semakin baik. Dari data EDS, semakin tinggi komposisi karbon, semakin rendah komposisi oksigen dan semakin rendah komposisi kalium maka morfologi pori karbon aktif semakin baik.

Berdasarkan tabel 4.3, data yang diperoleh dalam penelitian ini, morfologi karbon aktif terbaik adalah pada konsentrasi KOH 30%. Karbon aktif ini memiliki pori yang banyak dan terdistribusi merata. Pori dapat terlihat dengan jelas karena kadar kapur (K_2CO_3) yang terbentuk sedikit. Hal ini sesuai dengan nilai kualitas karbon aktif dan hasil EDS meliputi rendemen 95,30%, kadar air 4,45%, komposisi karbon 76,03%, kalium 0,25% dan oksigen 18,94%.

4.4 Hasil Pengujian Efisiensi Adsorpsi Pengaruh Konsentrasi KOH

4.4.1 Pembuatan Larutan Limbah *Artificial* Cu dan Fe

a. Larutan Limbah Logam Cu

Larutan limbah artificial tembaga 5 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,01964 gram serbuk $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan dalam labu ukur sampai tanda batas.

Namun, konsentrasi larutan limbah yang di dapat adalah 2.4512 mg/L (ppm). Hal ini terjadi akibat kesalahan dalam pengukuran volume air dan kurang telitian neraca dalam meninmbang massa serbuk $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

b. Larutan Limbah Logam Fe

Larutan limbah artificial tembaga 5 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,02489 gram serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan dalam labu ukur sampai tanda batas.

Namun, konsentrasi larutan limbah yang didapat adalah 2.3613 mg/L (ppm). Hal ini terjadi akibat kesalahan dalam pengukuran volume air dan kekurang telitian neraca dalam meninmbang massa serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

4.4.2 Hasil Pengujian Adsorpsi Logam Cu

Tabel 4.4 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH efektif untuk mengadsorpsi logam Cu. Karbon aktif hasil penelitian ini telah mampu menurunkan kadar logam Cu hingga di bawah nilai baku mutu. Menurut Permenkes No.416/MEN.KES/PER/IX/1990, baku mutu limbah cair kandungan logam Cu 1 mg/L untuk air minum.

Kemudian untuk mengetahui efesiensi karbon aktif dalam mengadsorpsi logam Cu dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi karbon aktif} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \quad (4.4)$$

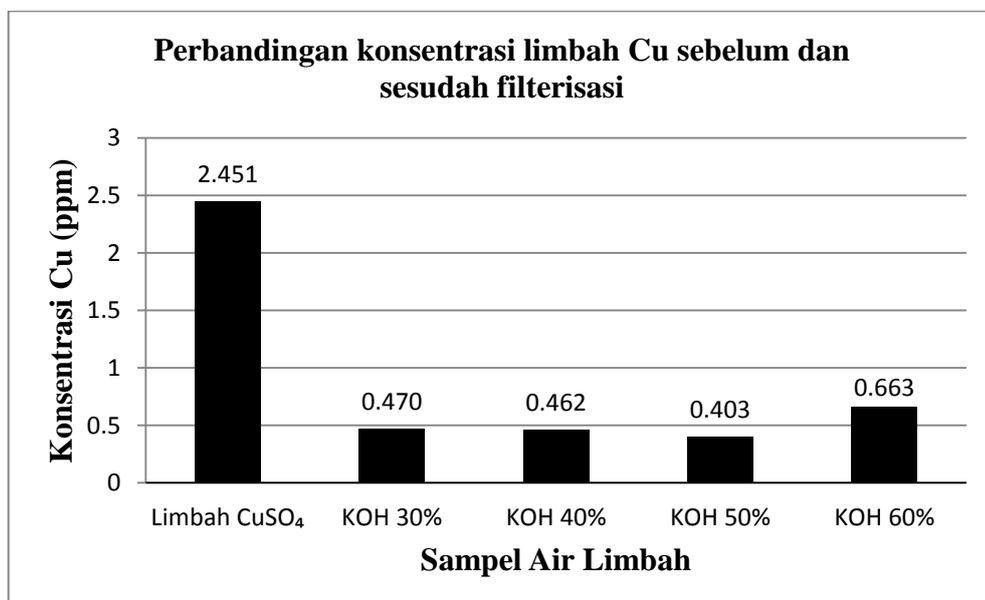
Keterangan : A = Konsentrasi awal Cu ; B = Konsentrasi Cu setelah filter

Tabel 4.4 Hasil adsorpsi logam Cu oleh karbon aktif

KOH	Konsentrasi awal Cu (ppm)	Konsentrasi Cu setelah filter (ppm)	Efisiensi Penyerapan (%)
30%	2.4512	0.4703	80,81
40%		0.4615	81,17
50%		0.4027	83,57
60%		0.6626	72,96

Aktivasi kimia yang dilakukan dengan larutan KOH mempengaruhi kemampuan karbon aktif dalam menyerap logam Cu dalam sampel air limbah. Karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi kimia dengan menggunakan larutan KOH dan diaktivasi fisika dengan gas Argon memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan efisiensi karbon aktif yang diaktivasi fisika saja. Dari hasil penelitian (Nurmayatri, 2013), karbon aktif yang telah diaktivasi dengan perlakuan temperatur 700°C, tekanan 15 kg.f/cm² dan periode 60 menit hanya memiliki efisiensi penyerapan logam Cu sebesar 0,78% yaitu menurunkan logam Cu sebesar 0,043 mg/L dari 5,506 mg/L.

Berikut adalah grafik perbandingan konsentrasi limbah Cu sebelum dan sesudah filterisasi dengan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan larutan KOH.



Gambar 4.9 Grafik daya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Cu

4.4.3 Hasil Pengujian Adsorpsi Logam Fe

Dari tabel 4.5 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH efektif untuk mengadsorpsi logam Fe. Karbon aktif hasil penelitian ini telah mampu menurunkan kadar logam Fe hingga di bawah nilai baku mutu. Menurut Permenkes No.416/MEN.KES/PER/IX/1990, baku mutu limbah cair kandungan logam Fe 0,3 mg/L untuk air minum dan 1 mg/L untuk air bersih.

Kemudian untuk mengetahui efisiensi karbon aktif dalam mengadsorpsi logam Cu dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi karbon aktif} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \quad (4.5)$$

Keterangan : A = Konsentrasi awal Fe ; B = Konsentrasi Fe setelah filter

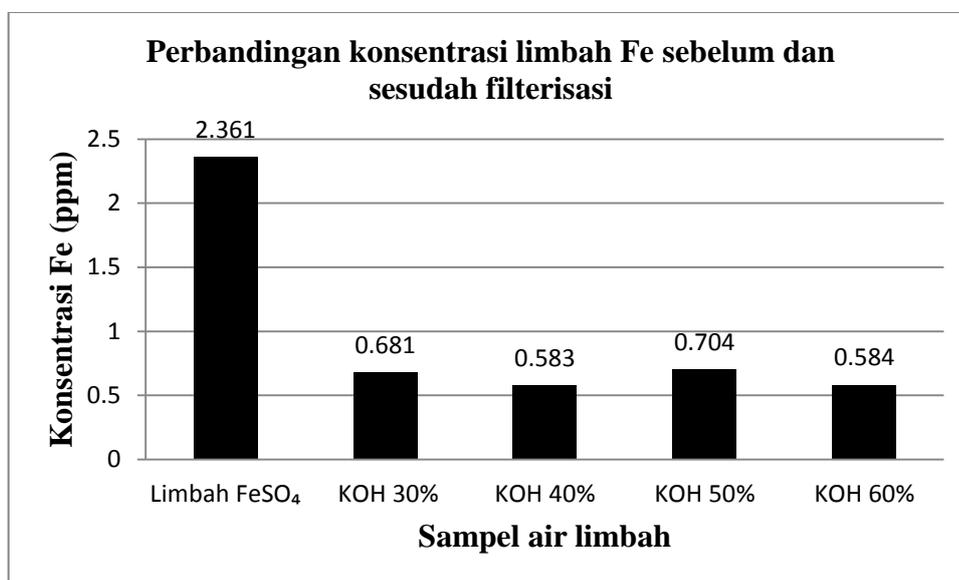
Tabel 4.5 Hasil adsorpsi logam Fe oleh karbon aktif

KOH	Konsentrasi awal Fe (ppm)	Konsentrasi Fe setelah filter (ppm)	Efisiensi Penyerapan (%)
30%	2.3613	0.6809	71,16
40%		0.5831	75,31
50%		0.704	70,19
60%		0.5839	75,27

Aktivasi kimia yang dilakukan dengan larutan KOH mempengaruhi kemampuan karbon aktif dalam menyerap logam Fe dalam sampel air limbah. Karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi kimia dengan menggunakan larutan KOH dan diaktivasi fisika dengan gas Argon memiliki nilai efisiensi yang berkisar 70,18% - 75,30% mendekati nilai efisiensi karbon aktif yang diaktivasi

dengan larutan $ZnCl_2$. Dari hasil penelitian (Bernard, 2013), karbon aktif tempurung kelapa memiliki efisiensi penyerapan logam Fe sebesar 76,02%.

Berikut adalah grafik perbandingan konsentrasi limbah Fe sebelum dan sesudah filterisasi dengan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan larutan KOH.

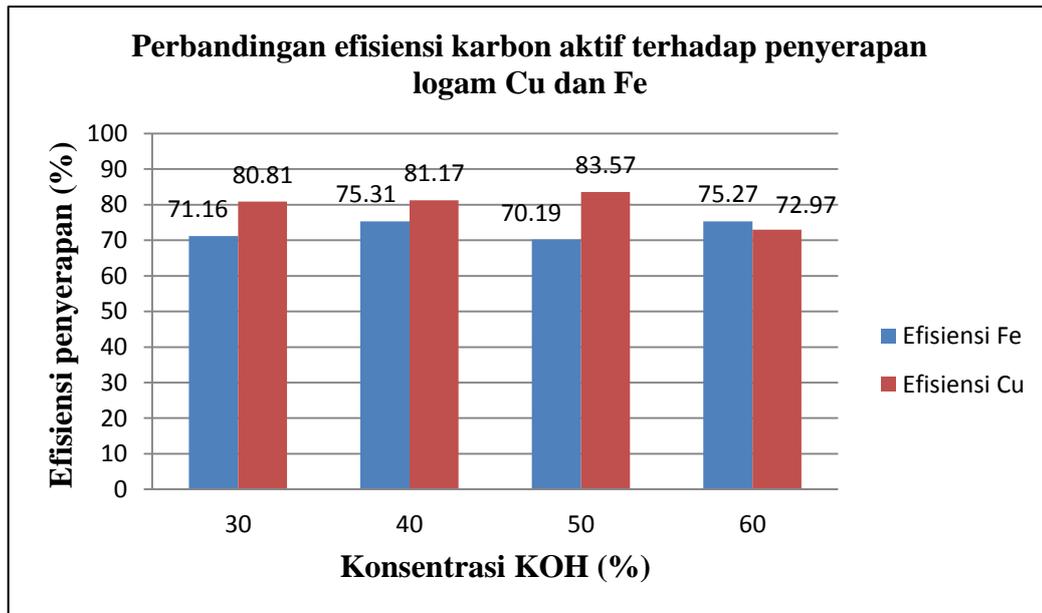


Gambar 4.10 Grafik daya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Fe

4.4.4 Ringkasan Hasil Pengujian Efisiensi Penyerapan Cu dan Fe

Menurut (Hendry dan Yulinah, 2000), proses adsorpsi terjadi karena sifat *hydrophobic* dari partikel ion logam berat sehingga partikel-partikel tersebut cenderung mendekat/menempel pada karbon aktif dibanding berikatan dengan molekul air. Bentuk partikel Cu dan Fe yang diadsorpsi dapat berbentuk ion Cu^{2+} dan Fe^{2+} sehingga dapat teradsorpsi karena adanya gaya tarik antara karbon aktif (adsorben) dan limbah (adsorbat) yang mendekati ikatan kovalen. Partikel Cu^{2+}

dan Fe^{2+} yang terhidrolisis sehingga berbentuk hidroksida dapat teradsorpsi karena adanya gaya elektrostatis yang membuat molekul mendekat/menempel pada permukaan karbon aktif.



Gambar 4.11 Perbandingan efisiensi karbon aktif terhadap penyerapan logam Cu dan Fe

Pada gambar 4.11 terlihat bahwa persentase efisiensi penyerapan terhadap Cu lebih besar bila dibandingkan Fe. Menurut (Hendry dan Yulinah, 2000), efisiensi penyerapan dipengaruhi oleh dua aspek yaitu ukuran jari-jari atom dan kelarutan senyawa limbah pada air. Jari-jari atom Cu (0,128 nm) lebih besar dari pada Fe (0,126 nm), namun mengingat selisih jari-jari Cu dan Fe yang tidak jauh berbeda maka hal ini tidak terlalu mempengaruhi perbedaan efisiensi penyerapan jika ditinjau dari aspek jari-jari atom. Sehingga yang menyebabkan efisiensi penyerapan Fe lebih rendah adalah karena kelarutan Fe (295,1 g/L pada suhu 20°C) lebih rendah dibanding Cu (320 g/L pada suhu 20°C). (Seidell, 1999)

Sehingga ion Fe dalam larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sukar larut dalam air dan mudah mengendap sehingga proses adsorpsi tidak maksimal.

Berdasarkan data efisiensi penyerapan logam Cu dan Fe pada limbah cair buatan, dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini penentuan konsentrasi KOH optimum belum dapat dilakukan karena perbedaan konsentrasi KOH tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai efisiensi adsorpsi logam Cu dan Fe. Namun, efisiensi tertinggi karbon aktif dalam menyerap logam Cu yaitu pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 50% dengan nilai efisiensi 83,57%. Dan efisiensi tertinggi karbon aktif dalam menyerap logam Fe yaitu pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 40% dengan nilai efisiensi 75,30%. Maka masih perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk memaksimalkan pengaruh konsentrasi terhadap efisiensi dari karbon aktif untuk aplikasi penyerapan logam berat pada air.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi larutan KOH telah memberikan pengaruh pada morfologi dan karakteristik pori karbon aktif. Semakin besar konsentrasi larutan KOH, maka semakin banyak senyawa kapur (K_2CO_3) yang dihasilkan sehingga menutupi pori-pori. Selain itu, faktor lain seperti lamanya pemanasan aktivasi fisika menggunakan gas Argon juga memberikan pengaruh pada hasil morfologi karbon aktif.
2. Dari hasil analisis penentuan konsentrasi KOH optimum belum dapat dilakukan karena perbedaan konsentrasi KOH tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai efisiensi adsorpsi logam Cu dan Fe. Namun karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi kimia dengan larutan KOH dan diaktivasi fisika dengan gas Argon memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan efisiensi karbon aktif yang diaktivasi fisika saja.
3. Efisiensi tertinggi karbon aktif dalam menyerap logam Cu yaitu pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 50% dengan nilai efisiensi 83,57%. Dan efisiensi tertinggi karbon aktif dalam menyerap logam Fe yaitu pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 40% dengan nilai efisiensi 75,30%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk memaksimalkan pengaruh konsentrasi terhadap efisiensi dari karbon aktif untuk aplikasi penyerapan logam berat pada air.
2. Perlu dilakukan pengujian adsorpsi penyerapan logam berat pada limbah cair oleh arang tempurung kelapa yang belum di aktivasi untuk mengetahui peningkatan efisiensi pengaruh proses aktivasi.
3. Perlu dilakukan pengujian densitas dan porositas dengan menggunakan sistem Archimedes untuk mengetahui volume dan perkembangan pori karbon aktif sebelum dan sesudah di aktivasi.
4. Usahakan sebelum proses aktivasi fisika berlangsung, mengecek ketersediaan gas Argon agar proses aktivasi berjalan sesuai rencana dan tidak memberikan dampak pada sampel.
5. Lebih teliti dalam melakukan pembuatan larutan limbah artificial $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ agar hasilnya tidak jauh berbeda dari nilai perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, R. (1992). *Kinetik of Adsorption*. An Arbor Science.
- Agustian, A., S. Friyatno, Supadi dan A. Askin. (2003). *Analisis pengembangan agroindustry komoditas perkebunan rakyat (kopi dan kelapa) dalam mendukung peningkatan daya saing sektor pertanian*. Makalah Seminar Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian Bogor. T.A. 2003. 38 hal
- Anita N, dkk. (2013). *Penentuan Efisiensi penyisihan Kromium Heksavalen (Cr6+) dengan Adsorpsi menggunakan Tempurung Kelapa secara kontinyu*. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional no. 2 vol.1
- Anonim. 1995. *Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Teknis. SNI 06-3730-1995*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI). Jakarta.
- Arfan Y. (2006). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya*. Depok : Departemen Teknik Kimia FT-UI.
- Bernadeta D P, dkk. (2013). *Prosiding SNF: Analisis Morfologi Pori Karbon Aktif Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Dengan Variasi Tekanan Gas Argon (Ar)*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Bernard E, dkk. (2013). *Heavy Metals Removal from Industrial Wastewater by Activated Carbon Prepared from coconut Shell*. Research Journal of Chemical Sciences Vol.3(8), 3-9 ISSN 2231-606X
- Cooney, D.O. (1998). *Adsorption Design For Wastewater Treatment*. Lewis Publishers, USA
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

- Derifa, Raditya, dkk. (2014). *Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna dan Permanganat Value dari Limbah Cair Industri Batik*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya
- Esmar Budi, dkk. (2013). *Prosiding SNF: Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Esmar Budi, dkk. (2013). *Pore Structure of The Activated Coconut Shell Charcoal Carbon*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Fahdiana, Jannie. (2013). Skripsi S1: *Pengaruh Periode aktivasi Terhadap Morfologi Pori Karbon aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa dan Aplikasinya Sebagai Filter Air*. Jakarta: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta
- Ferhan Cecen dan Ozgur Aktas. (2012). *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA
- Franklin, R.E. (1951). *Crystalline growth in graphitizing and non-graphitizing carbons*. Proceedings of The Royal Society A, 209, 196-218.
- Gottipati, Ramakrishna. (2012). *Preparation and Characterization of Microporous Activated Carbon from Biomass and its Application in the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Phase*. India: National Institute of Technology.
- Hendry dan Yulinah T. (2000). *Uji kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Arang Sekam Terhadap Logam Berat Cr^{6+} dan Cu^{2+}* . Surabaya : Institut Teknologi Surabaya. Jurnal Purifikasi Vol. 1 No. 5, September 2000 : 253-258
- Hernández, Virginia. (2012). *Lignocellulosic Precursors Used in the Synthesis of Activated Carbon - Characterization Techniques and Applications in the Wastewater Treatment*. InTech Europe
- IUPAC. (1972). *Manual of Symbols and Terminology, Appendix 2, Pt.1, Colloid and Surface Chemistry*. Pure and Applied Chemistry, 31, 1972, 578.
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Penerjemah Saptorahardjo. A. dan Nuhadi, A.. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta.

- Kusuma, S. P. dan Utomo. (1970). *Pembuatan Karbon Aktif*. Laporan Penelitian Tidak Diterbitkan. Bandung: Lembaga Kimia Nasional LIPI.
- Latifan, Rio. (2012). *Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktifasi Fisika Sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Surabaya: Jurnal Teknk Material dan Metalurgi Vol. 1, No. 1, (2012) 1-6
- Liliya Dewi S, dkk. (2011). *Penurunan Kandungan Logam Berat pada Air Lindi dengan Media Zeolit Menggunakan Metode Batch dan Metode Kontinyu*. Malang : Jurnal Agrountek Vol. 5 No. 2
- Lyliana, Yola. (2013). *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember*. Skripsi. Jawa Timur : Jember.
- Mahmud S dan Lydia. (2011). *Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kimia*. Jakarta: Universitas Indonesia. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 10, No. 3, 2011, 149-156
- Mohan, Dinesh, dkk. (2006). *Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water*. Elsevier : Journal of Hazardous Materials B137 (2006) 762–811
- Mohd Iqbalidin, dkk. (2013). *Properties of coconut shell activated carbon*. Universiti Teknologi MARA, Malaysia. Journal of Tropical Forest Science 25(4): 497–503 (2013)
- Panjaitan. (2009). *Akumulasi logam berat tembaga tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada pohon Avicenia marina di hutan mangrove*. Universitas Sumatra Utara
- Akbar, Ridho. (2015). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivasi Fisika-Kimia Sebagai Filter Logam Tembaga (Cu) dalam limbah cair*. Skripsi. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Seidell, Atherton; Linke, William F. (1999). *Solubilities of Inorganic and Organic Compounds* (2nd ed.). New York: D. Van Nostrand Company. p. 343.
- S.R, Sigh. (2012). *Treatment of Water Containg Chromium (VI) Using Rice Husk Carbon As a Newlow Cost Adsorbent*. India : Faculty of Engineering and Technology, R.B.S. College, Bichpuri

- Sudarsono, A., Untung S dan Pramusanto. (1998). *Penggunaan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu, Cd, dan Cr*. Jurnal Teknologi Mineral No. 3, Vol. V/1998
- Sudrajat, dkk. (2011). *Arang Aktif : Teknologi Pengolahan dan Masa depannya*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutan RI.
- Suryono, Tri. (2003). *Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Pengganti Arang Aktif*. Jurnal: Warta Limnologi, Oktober 2003.
- Syauqiah, Isna. (2011). *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif*. Info Teknik, Volume 12 No. 1, Juli 2011
- Widowati, dkk. (2008). *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Xiangtao, dkk. (2012). *Nanomaterials as Sorbents to Remove Heavy Metal Ions in Wastewater Treatment*. Jurnal environmental & Analytical Toxicology.
- Yani N, dkk. (2013). *Prosiding SNF: Morfologi Pori Karbon Aktif Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Dengan Variasi Temperatur Aktivasi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Zainal, dkk. (2005). *Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Jurnal Perspektif – Volume 4 Nomor 2, Desember 2005 : 55 – 63

Sumber lain :

<http://www.suryabiru.co.id/argon.htm>. Diakses pada tanggal 2 Oktober 2014.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rendemen Karbon Aktif

Rendemen dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat karbon aktif}}{\text{Berat bahan}} \times 100 \%$$

Karbon aktif	Berat awal bahan (g)	Berat setelah aktivasi kimia (g)	Berat karbon aktif (g)	Rendemen (%)
KOH 30%	10.165	10.364	9.688	95.307427
KOH 40%	10.398	10.637	9.229	88.757453
KOH 50%	10.291	10.282	8.632	83.879118
KOH 60%	10.335	10.534	8.725	84.421867

- Karbon aktif KOH 30%

Berat awal bahan arang = 10.165 gram

Berat akhir karbon aktif = 9.688 gram

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{9.688}{10.165} \times 100 \% = 95.307\%$$

- Karbon aktif KOH 40%

Berat awal bahan arang = 10.398 gram

Berat akhir karbon aktif = 9.229 gram

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{9.229}{10.398} \times 100 \% = 88.757\%$$

- Karbon aktif KOH 50%

Berat awal bahan arang = 10.291 gram

Berat akhir karbon aktif = 8.632 gram

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{8.632}{10.291} \times 100 \% = 83.879\%$$

- Karbon aktif KOH 30%

Berat awal bahan arang = 10.335 gram

Berat akhir karbon aktif = 8.725 gram

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{8.725}{10.335} \times 100 \% = 84.421\%$$

Lampiran 2. Perhitungan Kadar Air Karbon Aktif

Perhitungan kadar air menggunakan rumusan berikut :

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{Penyusutan\ bobot}{massa\ awal\ sampel} \times 100\ \%$$

a. Kadar air karbon aktif 30%

- Perhitungan pertama

Berat karbon aktif mula-mula = 1.046 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.968 gram

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{1.046 - 0.968}{1.046} \times 100\ \% = 7.46\%$$

- Perhitungan kedua

Berat karbon aktif mula-mula = 0.987 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.963 gram

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{0.987 - 0.963}{0.987} \times 100\ \% = 2.43\%$$

- Perhitungan ketiga

Berat karbon aktif mula-mula = 0.991 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.964 gram

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{0.991 - 0.964}{0.991} \times 100\ \% = 2.72\%$$

- Rata-rata

$$Rata - rata\ kadar\ air\ (\%) = \frac{7.46\% + 2.43\% + 2.72\%}{3} = 4.20\%$$

b. Kadar air karbon aktif 40%

- Perhitungan pertama

Berat karbon aktif mula-mula = 1.033 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.947 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{1.033 - 0.947}{1.033} \times 100 \% = 8.33\%$$

- Perhitungan kedua

Berat karbon aktif mula-mula = 0.957 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.936 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.957 - 0.936}{0.957} \times 100 \% = 2.19\%$$

- Perhitungan ketiga

Berat karbon aktif mula-mula = 0.967 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.936 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.967 - 0.936}{0.967} \times 100 \% = 3.21\%$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata kadar air (\%)} = \frac{8.33\% + 2.19\% + 3.21\%}{3} = 4.58\%$$

c. Kadar air karbon aktif 50%

- Perhitungan pertama

Berat karbon aktif mula-mula = 1.048 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.958 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{1.048 - 0.958}{1.048} \times 100 \% = 8.59\%$$

- Perhitungan kedua

Berat karbon aktif mula-mula = 0.976 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.953 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.976 - 0.953}{0.976} \times 100 \% = 2.36\%$$

- Perhitungan ketiga

Berat karbon aktif mula-mula = 0.981 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.951 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.981 - 0.951}{0.981} \times 100 \% = 3.06\%$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata kadar air (\%)} = \frac{8.59\% + 2.36\% + 3.06\%}{3} = 4.67\%$$

- d. Kadar air karbon aktif 60%

- Perhitungan pertama

Berat karbon aktif mula-mula = 1.032 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.925 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{1.032 - 0.925}{1.032} \times 100 \% = 10.37\%$$

- Perhitungan kedua

Berat karbon aktif mula-mula = 0.948 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan= 0.915 gram

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.948 - 0.915}{0.948} \times 100 \% = 3.48\%$$

- Perhitungan ketiga

Berat karbon aktif mula-mula = 0.948 gram

Berat karbon aktif setelah pemanasan = 0.912 gram

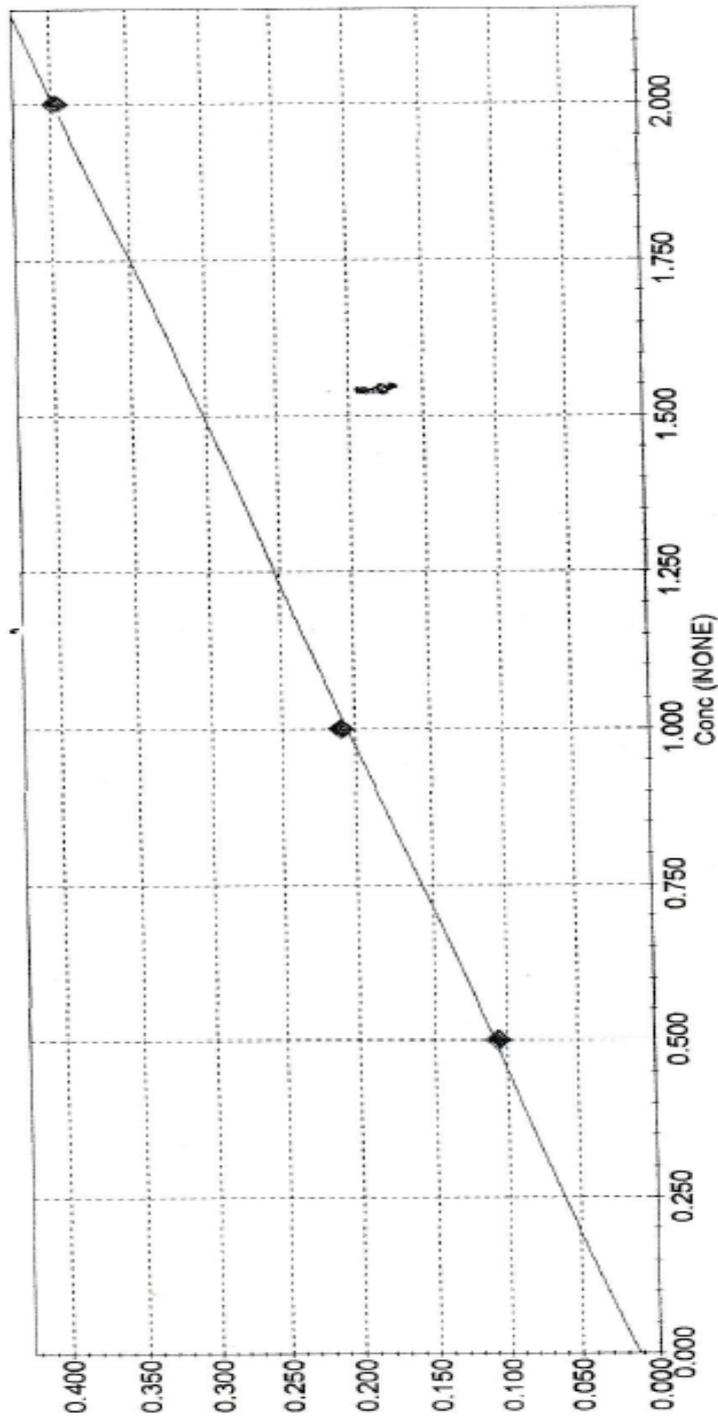
$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{0.948 - 0.912}{0.948} \times 100 \% = 3.80\%$$

- Rata-rata

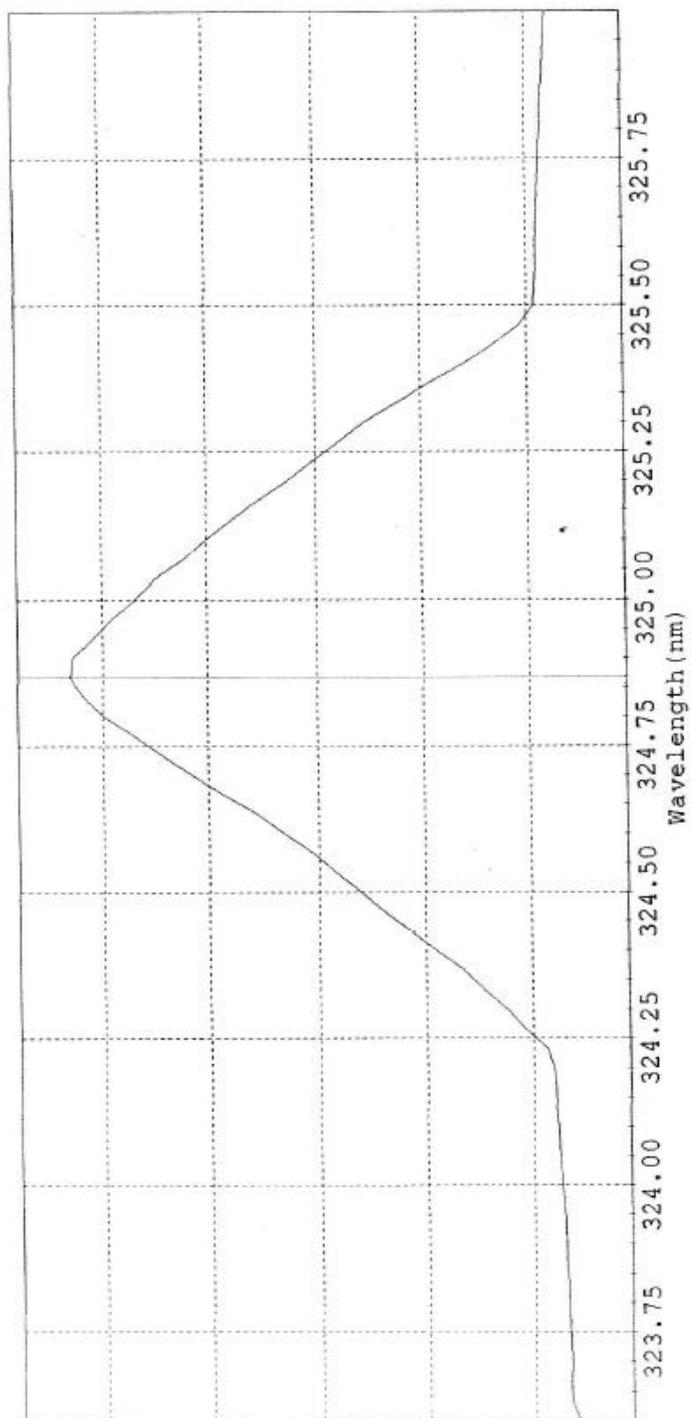
$$\text{Rata - rata kadar air (\%)} = \frac{10.37\% + 3.48\% + 3.80\%}{3} = 5.88\%$$

Lampiran 3. Data Hasil AAS

a. Data Hasil AAS Logam Cu



CONC	ABS
0.5000	0.1068
1.0000	0.2093
2.0000	0.3967



Element: Cu
 Wavelength (nm) : 324.8
 Peak (nm) : 324.87
 Lamp Current Low (mA) : 8
 Slit Width (nm) : 0.7
 Lamp Mode : BGC-D2
 Line Search: OK
 Beam Balance: OK

Jenis Pengukuran		Abs.	Conc			Rata-rata Conc
			I	II	III	
Adsorpsi Cu	Larutan induk	0.467	2.4401	2.4555	2.4576	2.4512
	KOH 30%	0.1036	0.4708	0.4682	0.4719	0.4703
	KOH 40%	0.1019	0.4625	0.4604	0.4615	0.4615
	KOH 50%	0.0906	0.41	0.3981	0.4007	0.4027
	KOH 60%	0.1406	0.66	0.6641	0.6631	0.6626

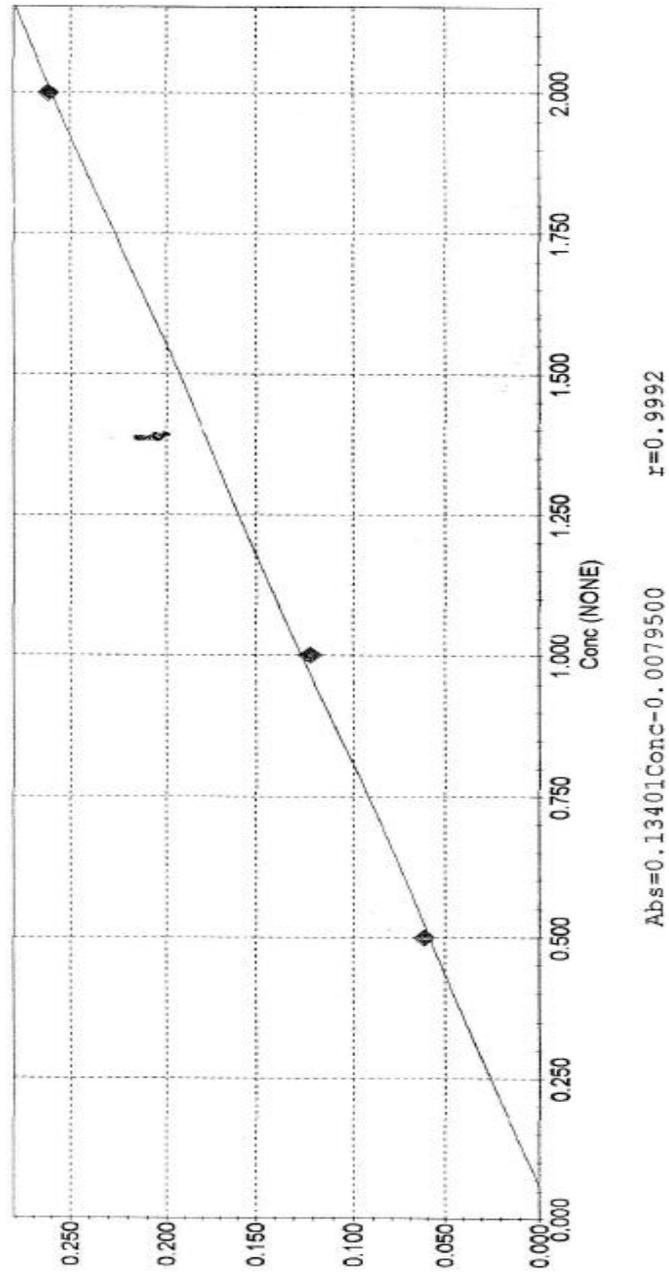
Perhitungan konsentrasi menggunakan persamaan garis regresi linier berikut :

$$Conc = \frac{Abs - 0,0131000}{0,19243}$$

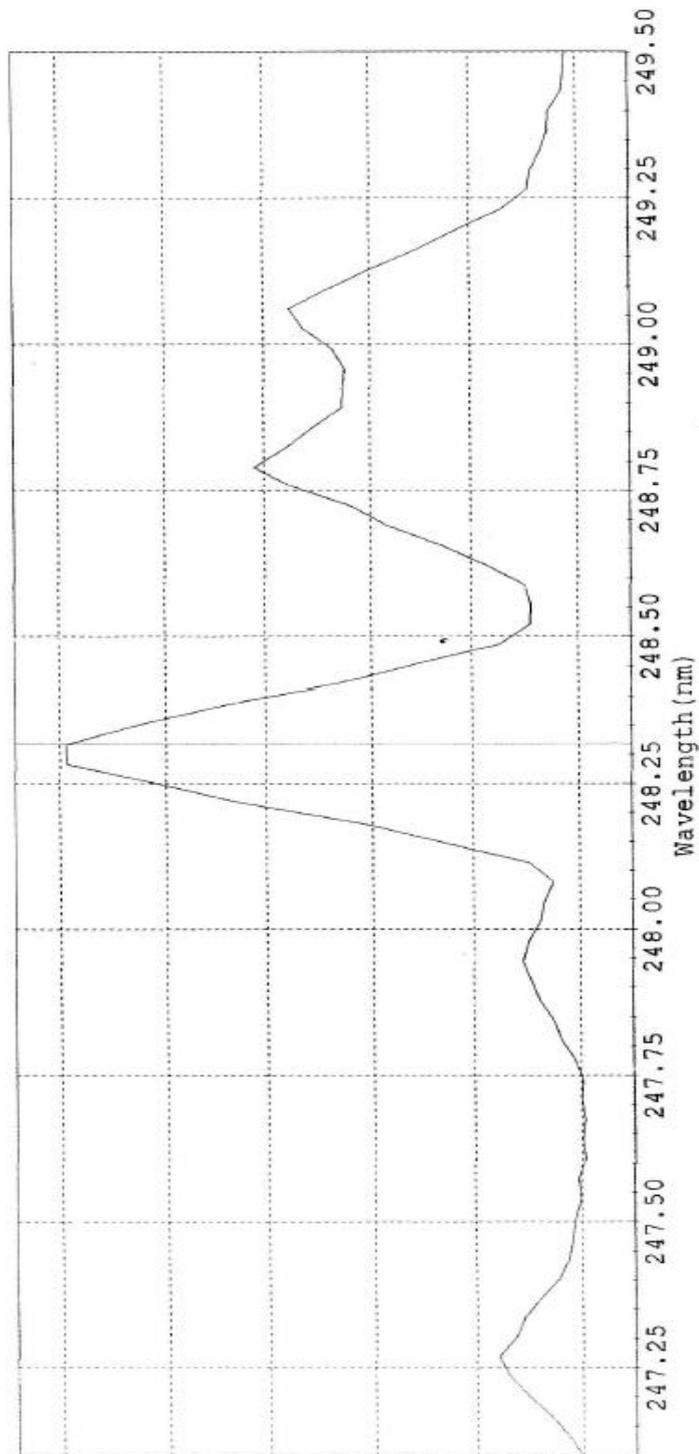
b. Data AAS Logam Fe

Monday, April 13, 2015

Calibration Curve (Element:Fe:Flame C#:01)



CONC	ABS
0.5000	0.0621
1.0000	0.1215
2.0000	0.2614



6

Element: Fe
 Wavelength (nm) : 248.3
 Peak (nm) : 248.32
 Lamp Current Low (mA) : 12
 Slit Width (nm) : 0.2
 Lamp Mode : BGC-D2
 Line Search: OK
 Beam Balance: OK

Jenis Pengukuran		Abs.	Conc			Rata-rata Conc
			I	II	III	
Adsorpsi Fe	Larutan induk	0.3085	2.3733	2.3337	2.377	2.3613
	KOH 30%	0.0833	0.6906	0.6697	0.6824	0.6809
	KOH 40%	0.0702	0.5749	0.5839	0.5899	0.5831
	KOH 50%	0.0864	0.7152	0.7003	0.6973	0.704
	KOH 60%	0.0703	0.5921	0.5809	0.5794	0.5839

Perhitungan konsentrasi menggunakan persamaan garis regresi linier berikut :

$$Conc = \frac{Abs + 0,0079500}{0,13401}$$

Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi Karbon Aktif

Perhitungan efisiensi menggunakan rumusan berikut :

$$Efisiensi (\%) = \frac{konsentrasi\ awal - konsentrasi\ setelah\ filter}{konsentrasi\ awal} \times 100 \%$$

a. Logam Cu

- Karbon aktif KOH 30%

$$Konsentrasi\ awal\ Cu = 2.4512\ ppm$$

$$Konsentrasi\ Cu\ setelah\ filter = 0.4703\ ppm$$

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.4512\ ppm - 0.4703\ ppm}{2.4512\ ppm} \times 100 \% = 80.813\%$$

- Karbon aktif KOH 40%

$$Konsentrasi\ awal\ Cu = 2.4512\ ppm$$

$$Konsentrasi\ Cu\ setelah\ filter = 0.4615\ ppm$$

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.4512\ ppm - 0.4615\ ppm}{2.4512\ ppm} \times 100 \% = 81.172\%$$

- Karbon aktif KOH 50%

$$Konsentrasi\ awal\ Cu = 2.4512\ ppm$$

$$Konsentrasi\ Cu\ setelah\ filter = 0.4027\ ppm$$

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.4512\ ppm - 0.4027\ ppm}{2.4512\ ppm} \times 100 \% = 83.571\%$$

- Karbon aktif KOH 60%

$$Konsentrasi\ awal\ Cu = 2.4512\ ppm$$

$$Konsentrasi\ Cu\ setelah\ filter = 0.6626\ ppm$$

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.4512\ ppm - 0.6626\ ppm}{2.4512\ ppm} \times 100 \% = 72.968\%$$

b. Logam Fe

- Karbon aktif KOH 30%

Konsentrasi awal Fe = 2.3613 ppm

Konsentrasi Fe setelah filter = 0.6809 ppm

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.3613 \text{ ppm} - 0.6809 \text{ ppm}}{2.3613 \text{ ppm}} \times 100 \% = 71.164\%$$

- Karbon aktif KOH 40%

Konsentrasi awal Fe = 2.3613 ppm

Konsentrasi Fe setelah filter = 0.5831 ppm

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.3613 \text{ ppm} - 0.5831 \text{ ppm}}{2.3613 \text{ ppm}} \times 100 \% = 75.306\%$$

- Karbon aktif KOH 30%

Konsentrasi awal Fe = 2.3613 ppm

Konsentrasi Fe setelah filter = 0.7040 ppm

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.3613 \text{ ppm} - 0.7040 \text{ ppm}}{2.3613 \text{ ppm}} \times 100 \% = 70.186\%$$

- Karbon aktif KOH 30%

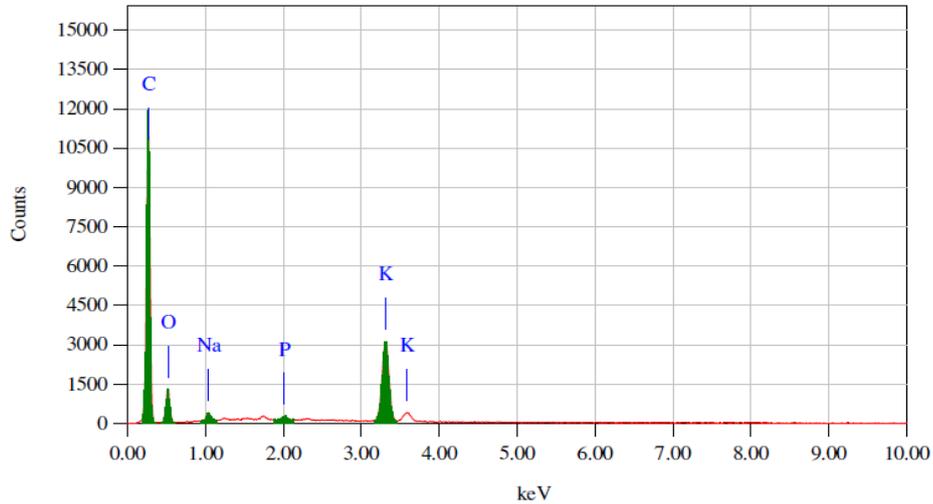
Konsentrasi awal Fe = 2.3613 ppm

Konsentrasi Fe setelah filter = 0.5839 ppm

$$Efisiensi (\%) = \frac{2.3613 \text{ ppm} - 0.5839 \text{ ppm}}{2.3613 \text{ ppm}} \times 100 \% = 75.272\%$$

Lampiran 5. Hasil EDS Karbon Aktif

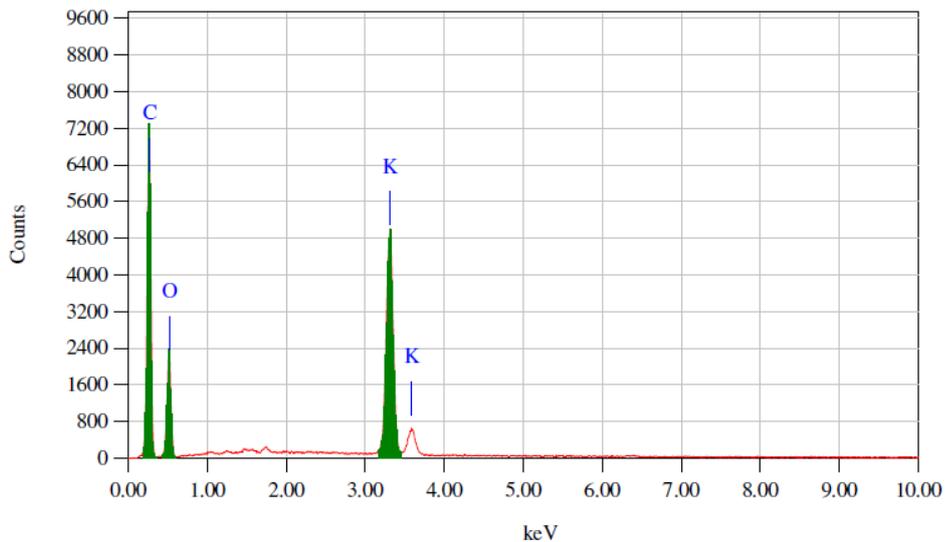
a. Karbon aktif KOH 30%



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.6951

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	76.03	0.31	82.72				82.7029
O K	0.525	18.94	1.86	15.47				9.4024
Na K	1.041	0.47	0.29	0.27				0.5045
P K	2.013	0.18	0.21	0.07				0.3038
K K	3.312	4.38	0.25	1.46				7.0864
Total		100.00		100.00				

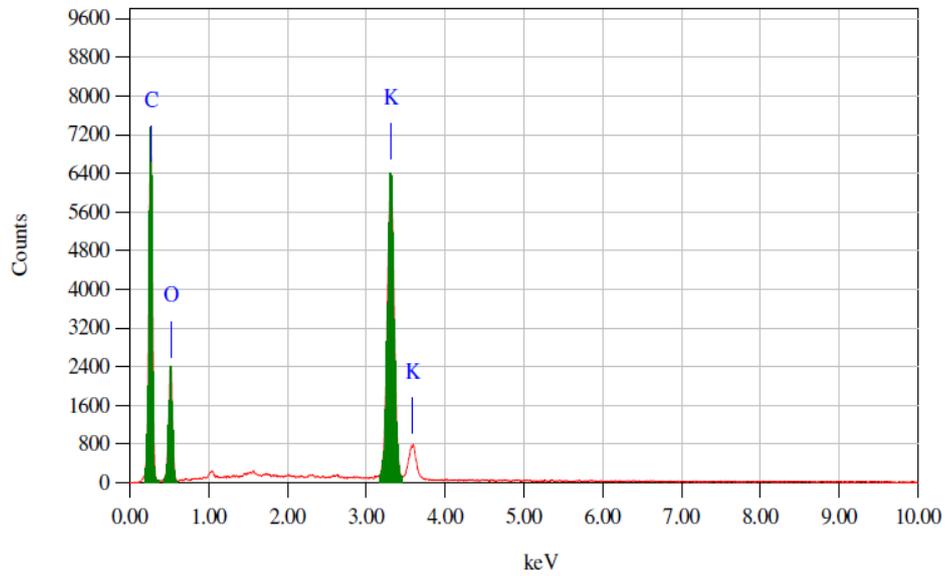
b. Karbon aktif KOH 40%



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.5709

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	57.99	0.27	67.45				61.8820
O K	0.525	34.01	1.11	29.69				23.5939
K K	3.312	8.01	0.19	2.86				14.5241
Total		100.00		100.00				

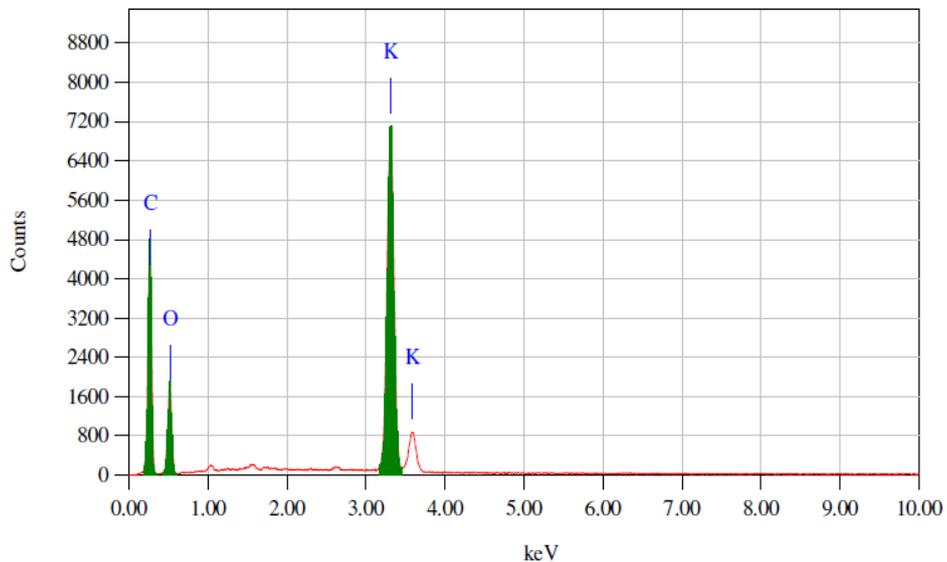
c. Karbon aktif 50%



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.5334

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C	0.277	56.32	0.26	66.38				59.3061
O	0.525	34.04	1.07	30.13				23.2644
K	3.312	9.64	0.18	3.49				17.4295
Total		100.00		100.00				

d. Karbon aktif KOH 60%

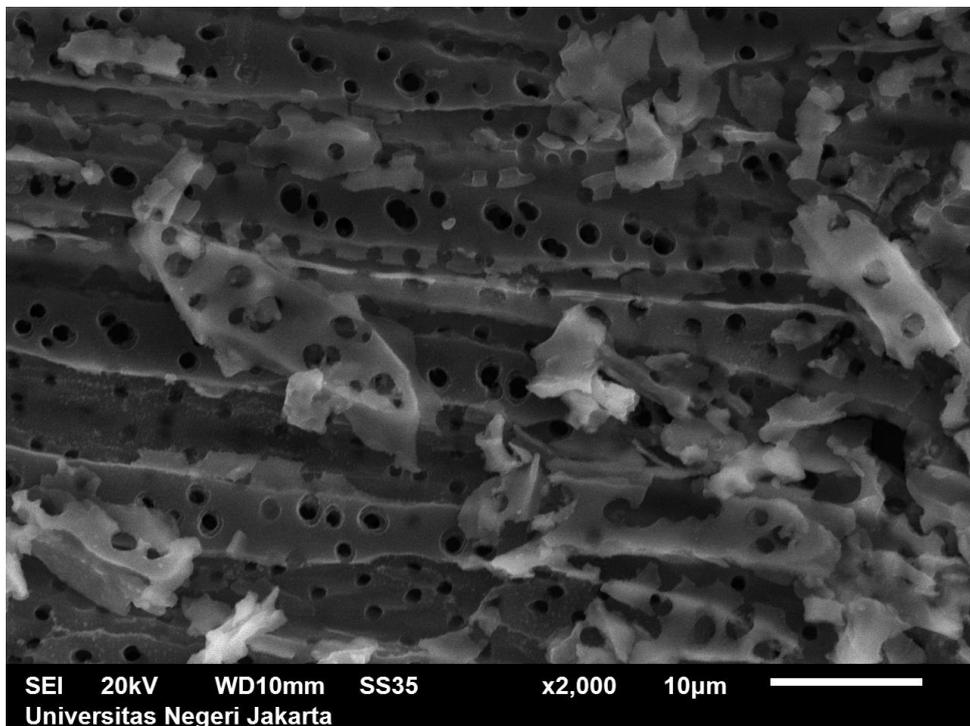
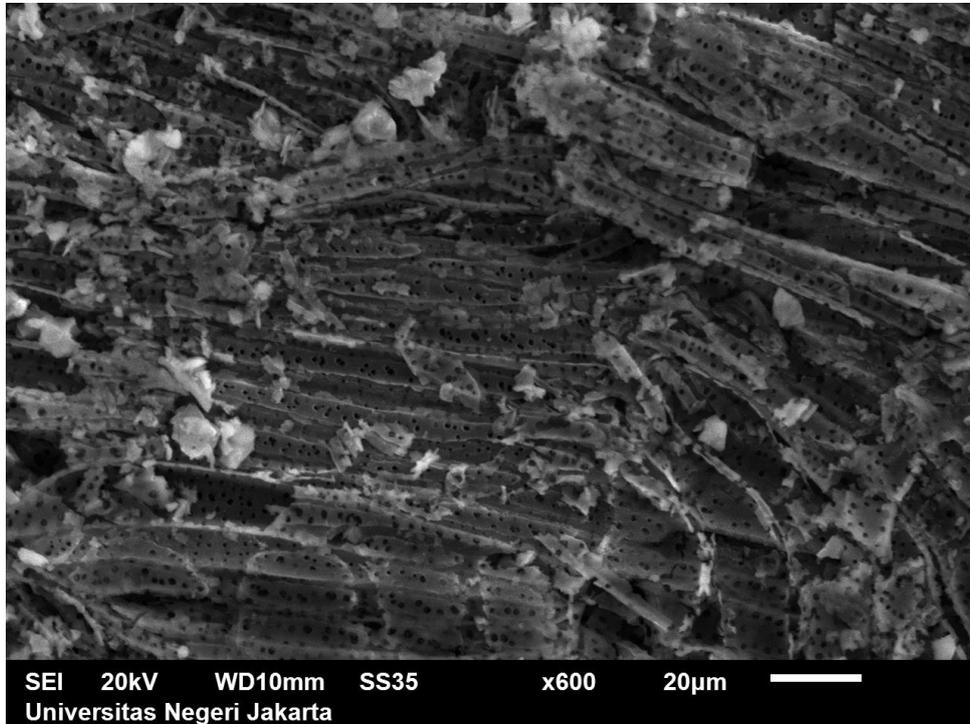


ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.4627

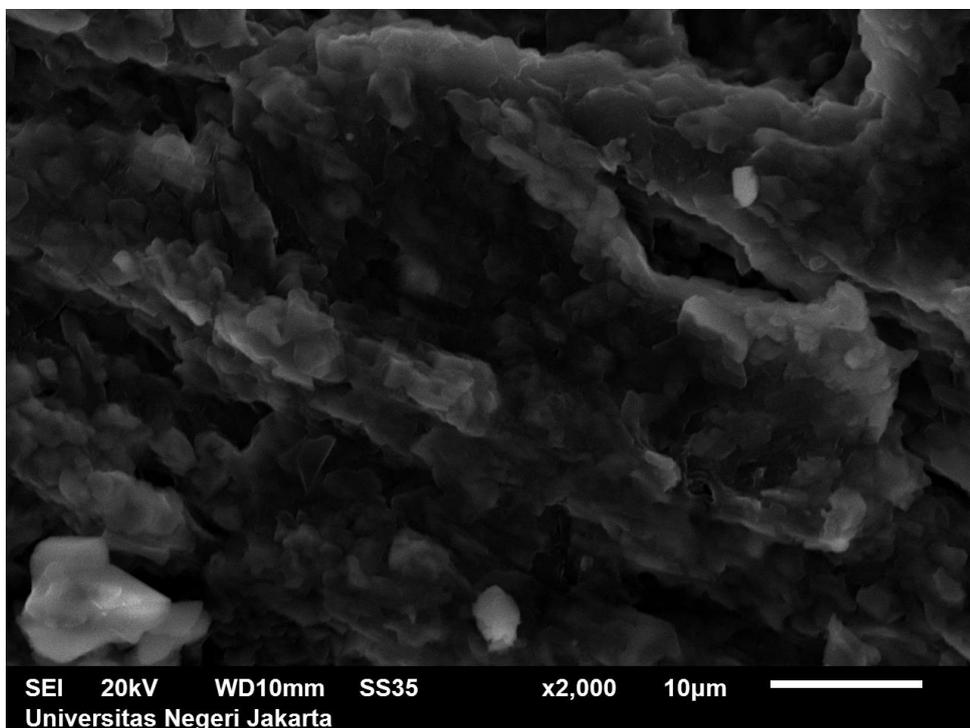
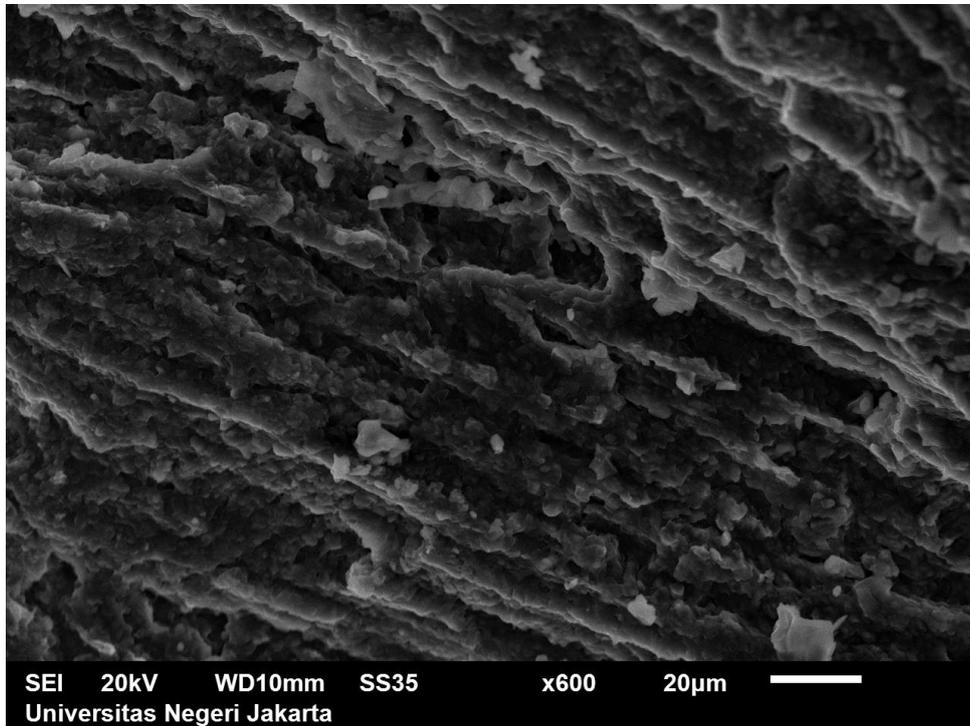
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C	0.277	50.42	0.25	62.03				50.7158
O	0.525	35.24	1.03	32.55				23.5321
K	3.312	14.34	0.17	5.42				25.7521
Total		100.00		100.00				

Lampiran 6. Hasil SEM Karbon Aktif

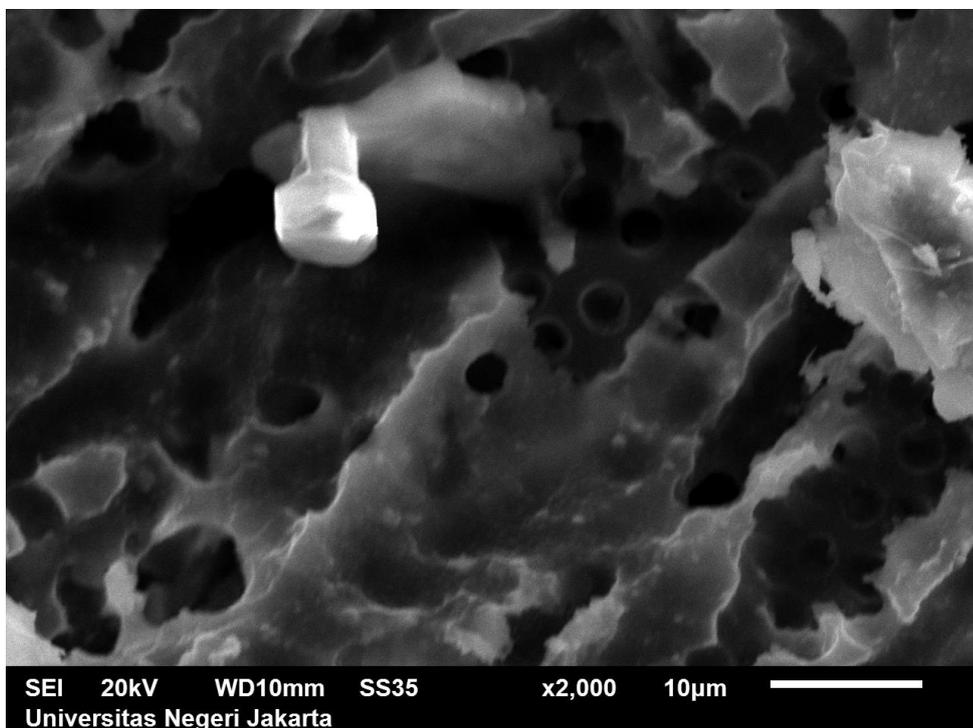
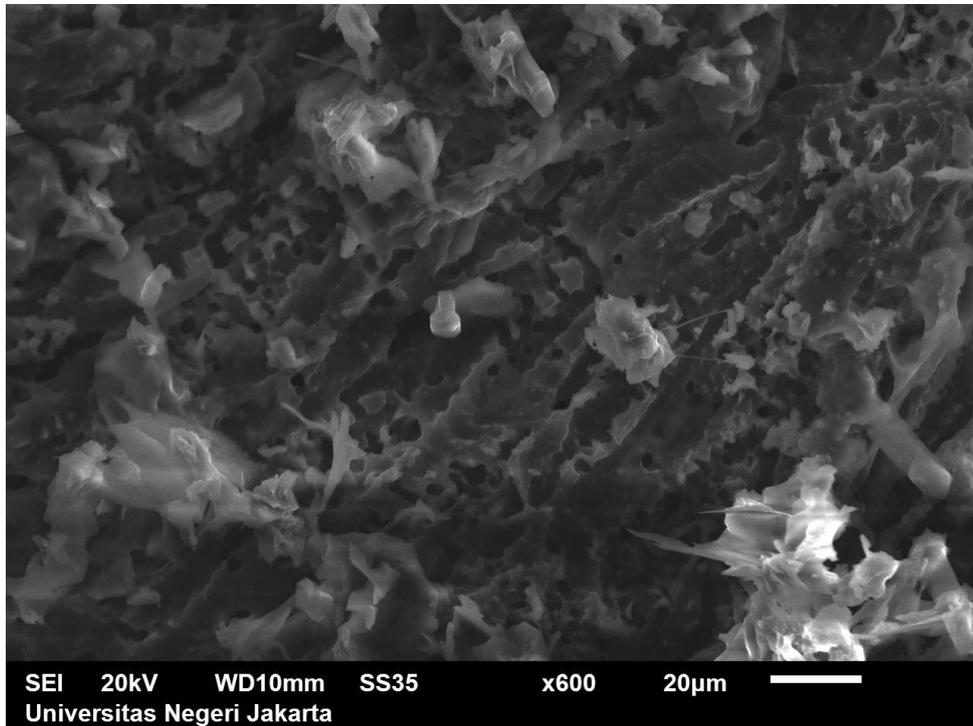
a. Karbon aktif KOH 30%



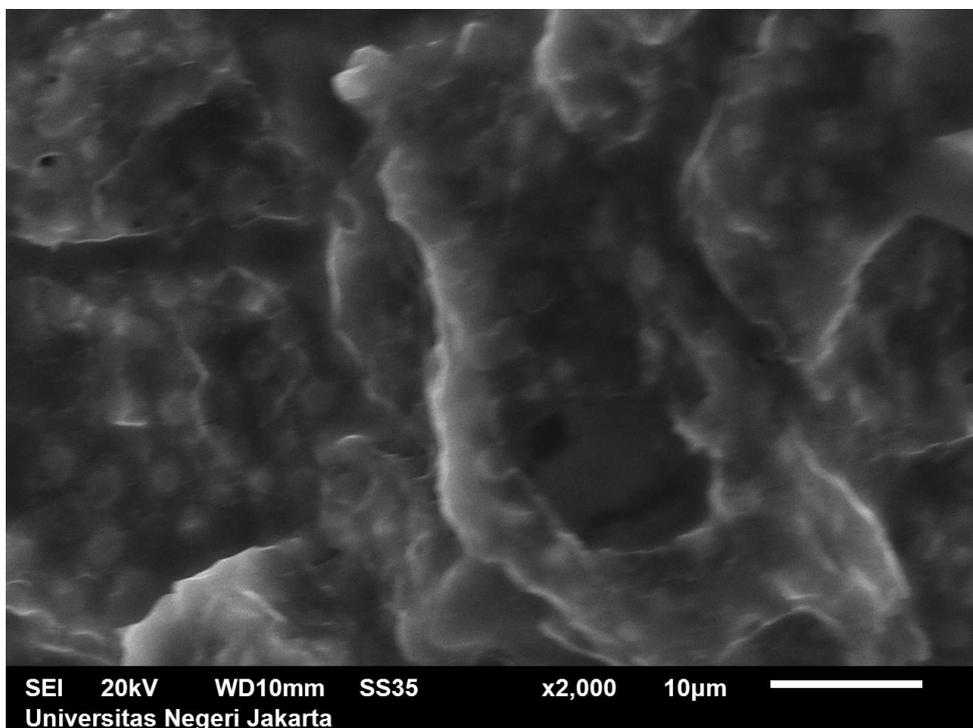
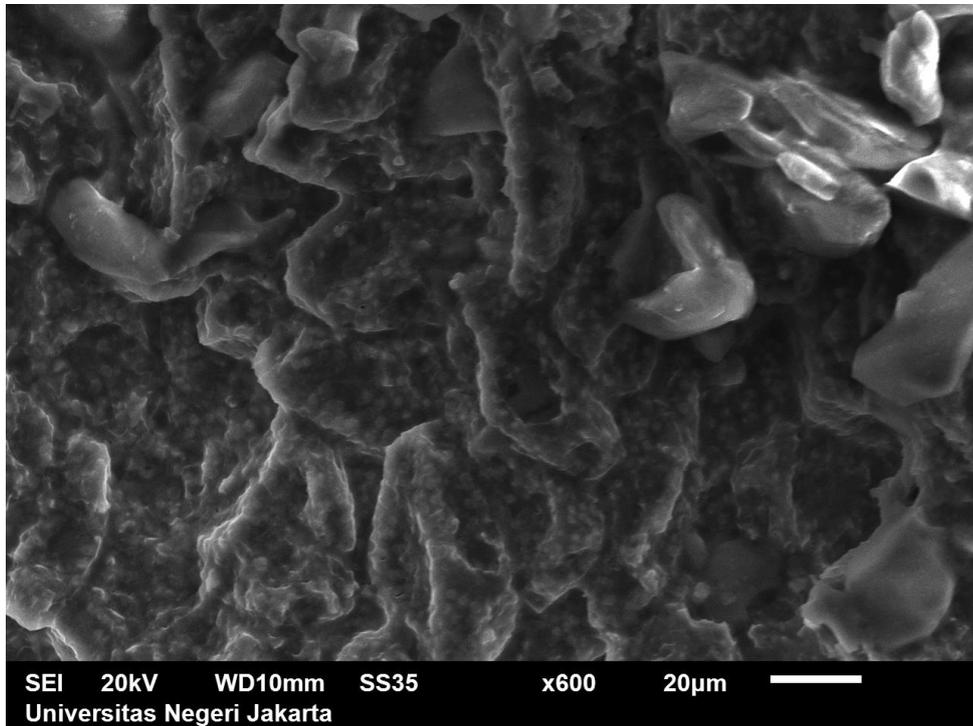
b. Karbon aktif KOH 40%



c. Karbon aktif KOH 50%



d. Karbon aktif 60%



Lampiran 7. Foto-Foto Dokumentasi Penelitian



Pembentukan granul arang



Pencucian granul arang



Pembentukan larutan KOH



Aktivasi kimia



Pencucian hasil aktivasi kimia



Pengeringan hasil aktivasi kimia



Aktivasi fisika



Proses filterisasi



Hasil filterisasi logam Cu



Hasil filterisasi logam Fe



Pengujian AAS



Pengujian SEM

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Erlina

No. Registrasi : 3225111287

Jurusan : Fisika

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi Kimia-Fisika Untuk Adsorpsi Logam Cu dan Fe”** adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil percobaan pada bulan Oktober 2014 – Juni 2015.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Juli 2015

Erlina

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



ERLINA. Lahir di Cirebon, 01 Agustus 1993 sebagai anak ke 3 dari 5 bersaudara dari pasangan Ibu Julekha dan Bapak Mulyono.

Pendidikan formal dimulai dari SDN 1 Weru Kidul (1999 – 2005), SMPN 1 Weru (2005 – 2008), MAN 1 Cirebon (2008 – 2011) kemudian di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta (September 2011 – September 2015) sebagai penerima beasiswa **BIDIKMISI**.

Selama kuliah pernah menjadi asisten laboratorium Fisika Dasar, peserta olimpiade OSN-Pertamina, dan menjadi pemakalah Seminar Nasional Fisika di Jurusan Fisika UNJ. Pernah bekerja *part time* sebagai pengajar bimbel / *private* untuk mata pelajaran matematika, fisika dan kimia untuk SMP dan SMA. Tahun 2014 bergabung dengan BPPT STP (Sentra Teknologi Polimer) dalam menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan. Diluar bidang akademik, penulis juga aktif di berbagai kegiatan organisasi kemahasiswaan dan sosial. Pengalaman organisasi yang pernah diikuti adalah Bendum KIR MAN 1 Cirebon (2010), staf DPPT BEMJ Fisika (2011), staf Div. Internal TAnK MIPA UNJ (2011), Kadiv. SnB Science Club FMIPA UNJ (2013) dan pengajar IMAYD (Indonesia Mengajar Anak Yatim dan Dhuafa) (2014-2015).