

**PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR NATRIUM
HIDROKSIDA (NaOH) TERHADAP KUALITAS KARBON
AKTIF TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI ADSORBEN
LOGAM Cu DAN Fe PADA LIMBAH CAIR**

Skripsi

**Disusun untuk melengkapi syarat – syarat guna memperoleh
gelar Sarjana Sains**



FUTRI WULANDARI

3225111266

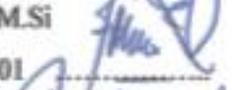
**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2015**

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

"PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA
(NaOH) TERHADAP KUALITAS KARBON AKTIF TEMPURUNG
KELAPA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cu DAN Fe
PADA LIMBAH CAIR"

Nama : Fitri Wulandari

No. Registrasi : 3225111266

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Penanggung Jawab</u>		
Dekan : Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		28 / 7 2015
<u>Wakil Penanggung Jawab</u>		
Pembantu Dekan I : Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		28 / 7 2015
Ketua : Drs. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001		23 / 7 2015
Sekretaris : Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19730201 200312 1 002		22 / 7 2015
<u>Anggota</u>		
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 : Hadi Nasbey, S.Pd, M.Si NIP. 19790916 200501 1 004		10 / 7 2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal : 6 Juli 2015

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Fitri Wulandari
No. Registrasi : 3225111266
Jurusan : Fisika
Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "*Pengaruh Konsentrasi Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Logam Cu dan Fe pada Limbah Cair*" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan November 2014 hingga April 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 sebenar – benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, Juli 2015



Fitri Wulandari

MOTTO

Sejatinya manusia selalu memiliki rasa tidak puas dan menginginkan hal – hal yang sempurna. Namun yang sempurna hanya Allah SWT yang tak pernah salah dalam menentukan jalan umatnya

Manusia yang sempurna bukanlah dimana ia memiliki kehebatan dalam segala hal. Namun manusia yang sempurna adalah ketika ia menemukan dan memiliki hal sederhana dalam hidupnya dan senantiasa mengingat Allah SWT dengan selalu bersyukur

Tetaplah berfikir positif dan percaya akan kebaikan Allah SWT setiap saat dan jagalah kesederhaan hati nurani yang telah diberikan-Nya hingga akhir hayat

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini aku persembahkan untuk :

Mamaku yang telah berjuang melahirkanku, menyayangi dan mencintaiku menjagaku, membesarkanku, mendidikku, menasehatiku, dan selalu berada disetiap langkahku tanpa rasa lelahnya

Papaku yang telah berjuang mencari nafkah untuk keluarganya, yang selalu menyayangi dan mencintaiku, melindungiku, dan memanjakanku dengan selalu memenuhi semua keinginanmu apapun itu

Adik laki – laki kesayanganku yang selalu membuatku tersenyum dan semangat saat melihat wajahnya dan menyebabkan aku tidak ingin gagal

Nenekku yang telah menjadi Ibuku yang paling aku cintai, Ibu yang mendoakanku tiada henti, yang membelaku dan sangat menyanyangiku

Pembimbing akademik dan dosen pembimbingku yang telah banyak membimbing dan mengajarkanku serta memberi jawaban dari setiap permasalahan yang aku temui

Sahabat dan teman – teman tersayang yang selalu menemani dan mendukung serta mendoakan aku

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Konsentrasi Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Logam Cu dan Fe pada Limbah Cair*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, di Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Anggara Budi Susila, M.Si, sebagai Ketua Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta.
2. Dr. Esmar Budi, M.T, sebagai Ketua Prodi Fisika Universitas Negeri Jakarta sekaligus merangkap sebagai Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu membimbing, berbagi pengalaman dan pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
3. Umiatin, M.Si sebagai Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu membimbing, berbagi pengalaman dan pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si, sebagai Pembimbing Akademik yang telah mengarahkan, dan memperhatikan perkembangan prestasi akademik setiap semester.

5. Papa Sayadi, Mama Manis, Adik Muhammad Fajri Noer Syahbani, Ibu Boni untuk semua doa, cinta, kasih sayang, dan semangat yang tidak terhingga yang selalu diberikan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen Fisika, yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan berlangsung.
7. Mas Fajrin, Mas Edit, Pak Riza, dan Seluruh Staff Laboratorium yang telah membantu melancarkan proses pembuatan skripsi.
8. Anak 5 yaitu Shinta Wuriyandani, Tisya Permatasari, Anita Carolina, Maulidatul Khasanah yang selalu tetap ada dalam suka dan duka pada keadaan apapun.
9. Ridho Akbar Bintoro dan Erlina, teman sekelompok skripsi yang selalu menemani dan direpotkan dalam suka duka skripsi.
10. Teman – teman Fisika 2011 yang telah memberikan semangat :
Andra, Andre, Andi, Agung, Bambang, Dani, Eka, Fiky, Galih, Joko, Mumu, Romy, Ridho, Udin, Zola, Ade, Anggita, Anita, Ayu, Cynthia, Dede, Ellin, Erlina, Lara, Levi, Lory, Lida, Nunu, Shinta, Tisya, Tsaniya.
11. Kakak – kakak tingkat 2008, 2009, dan 2010 yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca semua.

Jakarta, Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

FUTRI WULANDARI. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Logam Cu dan Fe pada Limbah Cair. Skripsi. Jakarta : Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jakarta. 2015

Penelitian mengenai pembentukan karbon aktif berbahan dasar arang tempurung kelapa sebagai adsorben telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaOH dalam aktivasi kimia fisika untuk adsorpsi logam Cu dan Fe. Arang tempurung kelapa hasil pirolisis digerus hingga mencapai ukuran granul milimeter kemudian dibersihkan dalam larutan alkohol 96% dan dipanaskan diatas *hot plate* selama 60 menit pada suhu ruang. Proses aktivasi kimia arang tempurung kelapa dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam larutan NaOH pada variasi konsentrasi 1%, 2%, 4%, 7%, 11% selama 24 jam. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan arang hasil aktivasi kimia pada suhu 400⁰C selama 1 jam didalam tungku horizontal dan dialirkan gas Argon dengan laju aliran 200 kg/m³. Pada penelitian ini hasil uji AAS menunjukkan bahwa karbon aktif arang tempurung kelapa dapat diaplikasikan untuk mengadsorpsi logam Cu dan Fe. Penambahan aktivator NaOH sangat mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif, tetapi variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif. Persentase logam Cu teradsorpsi maksimum dihasilkan oleh karbon aktif dengan larutan NaOH 11% sebesar 80.91% dan untuk logam Fe teradsorpsi maksimum dihasilkan oleh karbon aktif dengan larutan NaOH 7% sebesar 30.52%.

Kata Kunci : karbon aktif, arang tempurung kelapa, aktivasi kimia fisika, Cu, Fe

ABSTRACT

FUTRI WULANDARI. Effect of Activator Concentration Sodium Hydroxide (NaOH) on the Quality Coconut Shell Activated Carbon as Metal Adsorbent of Cu and Fe in Liquid Waste. Thesis. Jakarta: Department of Physics. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. State University of Jakarta. 2015

The research on the formation of the activated carbon made from coconut shell charcoal as an adsorbent has been done. The purpose of this study was to determine the effect of the concentration of NaOH solution in the activation of chemistry physical for metal adsorption of Cu and Fe. Pyrolyzed coconut shell charcoal results were crushed to be granules in millimeter size then cleaned in a solution of 96% alcohol and heated on a hot plate for 60 minutes at room temperature. Chemical activation process of coconut shell charcoal was done by soaking the coconut shell charcoal in various concentration of NaOH solution at 1%, 2%, 4%, 7%, 11% for 24 hours. Physical activation process was done by heating the samples using horizontal furnace at temperature 400⁰C for 1 hours and Argon gas was flowed with flow rate of 200 kg/m³. In this study, the AAS test results indicate that activated carbon coconut shell charcoal can be applied to adsorb metals Cu and Fe. The addition of NaOH activator greatly affect the activated carbon adsorption, but variations in the concentration of NaOH does not affect the results test of activated carbon adsorption. The percentage of the maximum adsorbed Cu metal was produced by activated carbon with NaOH 11% solution at 80.91% and the maximum adsorbed Fe metal was produced by activated carbon with NaOH 7% solution at 30.52%.

Keywords: activated carbon, coconut shell charcoal, chemical physics activation,
Cu, Fe

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Arang Tempurung Kelapa	6
2.2 Karbon Aktif	9
2.3 Aktivasi Karbon Aktif	14
2.3.1 Aktivasi Kimia	15

2.3.2 Aktivasi Fisika	17
2.4 Kualitas Karbon Aktif	20
2.5 Definisi dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif	24
2.6 Metode Filter Karbon Aktif	29
2.7 Logam Berat	32
2.7.1 Logam Cu	33
2.7.2 Logam Fe	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Tujuan Penelitian	36
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.3 Metode Penelitian	37
3.4 Alat dan Bahan	37
3.4.1 Alat yang digunakan	37
3.4.2 Bahan yang digunakan	38
3.5 Prosedur Penelitian	38
3.5.1 Persiapan Bahan	38
3.5.2 Aktivasi	39
3.5.3 Penetapan Kadar Air	40
3.5.4 Penetapan Rendemen	40
3.5.5 Pembuatan Larutan Artificial Cu dan Fe	40
3.5.6 Filterisasi	41
3.5.7 Karakteristik Kaarbon Aktif	41

3.6 Diagram Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Persiapan Bahan	44
4.2 Aktivasi	46
4.2.1 Aktivasi Kimia	47
4.2.2 Aktivasi Fisika	50
4.3 Hasil Pengujian Kualitas Karbon Aktif	52
4.3.1 Kadar Air	52
4.3.2 Rendemen	55
4.4 Hasil Pengujian Morfologi Pori Karbon Aktif	57
4.4.1 Perbesaran 400 kali	57
4.4.2 Perbesaran 1000 kali	59
4.4.3 Perbesaran 2000 kali	60
4.5 Hasil Pengujian Kandungan Unsur Karbon Aktif	62
4.5.1 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 1%	62
4.5.2 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 2%	63
4.5.3 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 4%	63
4.5.4 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 7%	64
4.5.5 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 11%	65
4.6 Hasil Pengujian Daya Adsorpsi	66
4.6.1 Pengukuran Kandungan Logam Cu	67
4.6.2 Pengukuran Kandungan Logam Fe	70

4.7 Rangkuman Hasil dan Pembahasan	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil EDS Karbon Aktif Aktivasi NaOH 1%	82
Lampiran 2. Hasil EDS Karbon Aktif Aktivasi NaOH 2%	83
Lampiran 3. Hasil EDS Karbon Aktif Aktivasi NaOH 4%	84
Lampiran 4. Hasil EDS Karbon Aktif Aktivasi NaOH 7%	85
Lampiran 5. Hasil EDS Karbon Aktif Aktivasi NaOH 11%	86
Lampiran 6. Hasil Uji AAS untuk Filter Cu	87
Lampiran 7. Hasil Uji AAS untuk Filter Fe	90
Lampiran 8. Perhitungan Pengenceran Larutan NaOH	93
Lampiran 9. Perhitungan Pengenceran $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$...	95
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Foto SEM arang tempurung kelapa hasil pirolisis	8
Gambar 2. Hasil analisis EDS pada arang tempurung kelapa	8
Gambar 3. Struktur lapisan grafit	13
Gambar 4. Skematik ilustrasi dari struktur karbon aktif	13
Gambar 5. Eksternal dan internal transportasi karbon aktif	26
Gambar 6. Proses filter di industri	32
Gambar 7. Diagram alir penelitian	43
Gambar 8. Proses persiapan bahan	46
Gambar 9. Proses aktivasi kimia dengan variasi konsentrasi	48
Gambar 10. Karbon aktif hasil aktivasi kimia fisika	51
Gambar 11. Grafik kadar air karbon aktif arang tempurung kelapa	54
Gambar 12. Grafik rendemen karbon aktif arang tempurung kelapa	55
Gambar 13. Hasil SEM dengan perbesaran 400 kali	58
Gambar 14. Hasil SEM dengan perbesaran 1000 kali	59
Gambar 15. Hasil SEM dengan perbesaran 2000 kali	61
Gambar 16. Hasil filter limbah Cu dan limbah Fe	67
Gambar 17. Hasil adsorpsi logam Cu oleh karbon aktif	68
Gambar 18. Grafik persentase daya adsorpsi logam Cu	69
Gambar 19. Hasil adsorpsi logam Fe oleh karbon aktif	71
Gambar 20. Grafik persentase daya adsorpsi logam Fe	72
Gambar 21. Grafik persentase daya adsorpsi logam Cu dan Fe	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik kimia tempurung kelapa	6
Tabel 2. Perbandingan kandungan bahan arang dan tempurung kelapa	7
Table 3. Klasifikasi Pori Karbon Aktif	12
Tabel 4. Sifat – sifat NaOH	17
Tabel 5. Karakteristik gas argon	20
Tabel 6. Standar kualitas karbon aktif menurut SII 0258 – 79	21
Tabel 7. Standar kualitas karbon aktif menurut SNI 06 – 3730 – 1995	21
Tabel 8. Standar kualitas karbon aktif menurut Departemen Kesehatan RI	22
Tabel 9. Kadar air karbon aktif arang tempurung kelapa	53
Tabel 10. Hasil pengujian EDS NaOH 1%	62
Tabel 11. Hasil pengujian EDS NaOH 2%	63
Tabel 12. Hasil pengujian EDS NaOH 4%	64
Tabel 13. Hasil pengujian EDS NaOH 7%	65
Tabel 14. Hasil pengujian EDS NaOH 11%	65
Tabel 15. Rangkuman data hasil penelitian	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup untuk dapat menjalankan segala aktivitasnya. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Salah satu penggunaan air yang sangat penting bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini untuk memenuhi kebutuhan air dalam tubuh. Namun agar tetap sehat, air minum harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, maupun mikrobiologi. Air bersih untuk air minum semakin langka di perkotaan. Sungai – sungai yang menjadi sumbernya sudah tercemar berbagai macam limbah, mulai dari buangan sampah organik, rumah tangga hingga limbah beracun dari industri (Ichsan, 2010).

Pencemaran air dapat berupa garam dari logam berat dan logam berat yang membentuk senyawa toksik. Logam berat yang sering terdapat dalam pencemaran air adalah Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Fe dan Zn dalam bentuk senyawa toksik (Tarigan dkk, 2003). Besi (Fe) adalah logam berat yang banyak terkandung di dalam air yang mengakibatkan air berwarna keruh dan berbau tidak enak. Menurut Peraturan Pemerintah Kesehatan RI No.416/MENKES/IX/1990, kadar maksimum Fe dalam air minum adalah 0.3 mg/l. Air dengan kandungan Fe yang tinggi dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus (Darmono, 2001).

Logam Cu merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik terhadap organisme air dan manusia pada batas konsentrasi tertentu. Batas maksimal logam Cu yang diizinkan di dalam air minum berdasarkan Peraturan Pemerintah Kesehatan RI No.416/MENKES/IX/1990 adalah 1.0 mg/l (Dwi dan Bambang, 2002).

Proses adsorpsi logam berat dalam air secara alami dapat dilakukan menggunakan arang tempurung kelapa, arang sekam padi, maupun enceng gondok (Darmono, 2001). Salah satunya dengan menggunakan karbon aktif berbahan dasar arang tempurung kelapa. Karbon aktif adalah arang yang atom karbonnya dibebaskan dari unsur lain, serta pori yang dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaannya menjadi luas dan menyebabkan daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat (Sudrajat dan Pari, 2011).

Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan proses pengurangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, sedangkan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk membuka atau memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul – molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Pangesti dkk, 2014).

Aktivasi karbon aktif dibagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Aktivator yang sering digunakan adalah hidroksida logam

alkali seperti Li, Na, K dan asam – asam anorganik seperti asam sulfat, asam klorida, asam nitrat, dan asam fosfat. Sedangkan, aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai dari senyawa organik dengan bantuan proses pemanasan dan aliran gas (Xiangtao Wang dkk, 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa $ZnCl_2$, NaOH dan H_3PO_4 merupakan bahan kimia yang cukup baik untuk digunakan sebagai aktivator. Konsentrasi garam – garam khlorida dan asam fosfat umumnya sekitar 10 – 15%, sedangkan untuk NaOH sekitar 1 – 2% dan tergantung dari kekerasan bahan serta lama perendaman sekitar 12 – 24 jam (Sudrajat dan Pari, 2011).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dilakukan proses aktivasi arang tempurung kelapa dengan menggunakan aktivator NaOH, NaCl dan HCl dengan konsentrasi 2% dan di rendam selama 1 jam, 2 jam dan 4 jam pada suhu 500^0 C. Aktivasi dengan NaOH selama 4 jam menunjukkan hasil terbaik dengan kadar air arang aktif 3,6% dan daya serap I_2 851,8797mg/g. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa sebelum aktivasi pori yang terbentuk masih tertutup oleh pengotor – pengotor dan setelah aktivasi pori tersebut lebih terbuka sehingga luas permukaan adsorpsi menjadi lebih besar (Singgih dan Ratnawari, 2010).

Dalam penelitian ini, proses aktivasi kimia arang tempurung kelapa dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam aktivator NaOH pada beberapa variasi konsentrasi selama 24 jam. Sedangkan proses aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan arang hasil aktivasi kimia didalam tungku

horizontal dan dialirkan gas Argon. Pengujian yang dilakukan berupa uji *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa dengan uji SEM?
2. Apakah pengaruh morfologi karbon aktif tempurung kelapa terhadap kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair dengan uji AAS?
3. Berapakah konsentrasi aktivator NaOH yang menghasilkan karbon aktif paling baik kualitasnya?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi pada pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap kualitas karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair.

1.4 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji yaitu bagaimana pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif

tempurung kelapa serta kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa dengan uji SEM.
2. Mengetahui pengaruh morfologi karbon aktif tempurung kelapa terhadap kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair dengan uji AAS.
3. Mengetahui konsentrasi aktivator NaOH yang menghasilkan karbon aktif paling baik kualitasnya.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberikan informasi penelitian mengenai pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa serta kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair.
2. Memberikan metode alternatif untuk mengurangi logam Cu dan Fe dalam kandungan limbah cair dengan memanfaatkan karbon aktif yang dibuat dari bahan alam serta tidak dimanfaatkan lagi di lingkungan.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Arang Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 2 – 6 mm. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar 6 – 9%. Karakteristik tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kimia tempurung kelapa (Subrada dkk, 2005)

Komponen	Persentase (%)
Kadar Air	7.8
Kadar Abu	0.4
Kadar Karbon	18.80
Kadar Zat Menguap	80.80

Komposisi kimia utama dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsur terdiri dari 74.3 % C, 21.9 % O, 0.2 % Si, 1.4 % K, 0.5 % S dan 1.7 % P (Esmar Budi dkk, 2012). Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara ini terdiri dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah

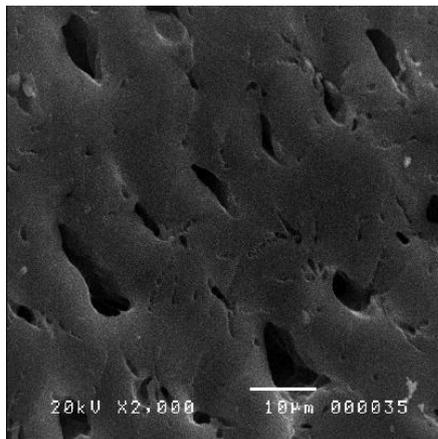
abu atau benda kimia lainnya. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95% karbon. Arang dapat diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif, sebagai bahan pengisi dan pewarna pada industri karet dan plastik (Radika, 2010).

Pembakaran tidak sempurna pada tempurung kelapa menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbondioksida. Peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada suhu 150 – 3000⁰C. Pembentukan arang tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen dan gas-gas hidrokarbon. Peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder (Radika, 2010). Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada tabel 2 berikut :

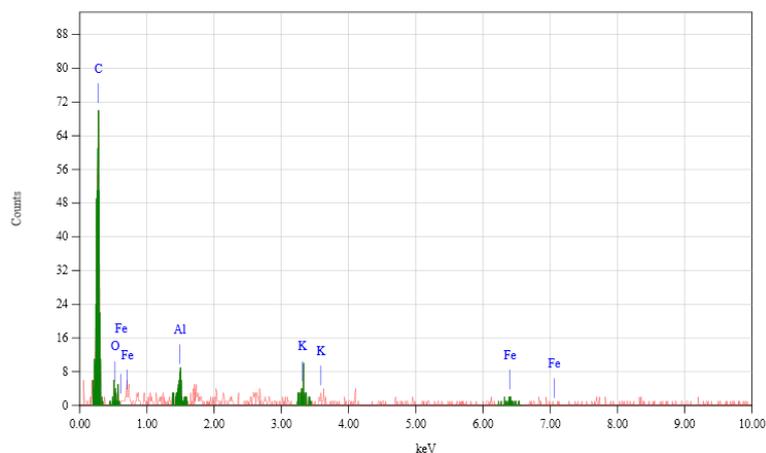
Tabel 2. Perbandingan perubahan komponen dan kandungan bahan tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa (Esmar Budi dkk, 2012)

Bahan	Komponen	Kandungan (%)
Tempurung Kelapa	Moisture	10.46
	Volatile	67.67
	Karbon	18.29
	Abu	3.58
Arang Tempurung Kelapa	Volatile	10.6
	Karbon	76.32
	Abu	13.08

Ukuran partikel arang tempurung kelapa juga mempengaruhi kemampuan penyerapan khususnya dalam penyerapan limbah unsur-unsur logam berat dari limbah air buangan. 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 1. Foto SEM arang tempurung kelapa hasil pirolisis (Esmar Budi dkk, 2013)



Gambar 2. Hasil analisis EDS pada arang tempurung kelapa (Esmar Budi dkk, 2013)

Komposisi kandungan unsur arang tempurung kelapa yang dianalisis dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) ditunjukkan pada gambar 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

Karbon aktif diolah dari material – material yang mengandung banyak karbon seperti kayu, batu bara, dan tempurung kelapa. Proses pembuatannya melalui dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi adalah salah satu proses pirolisis pada suhu sekitar 400 – 900⁰C. Pirolisis adalah suatu proses untuk mengubah komposisi kandungan kimia dari bahan organik dengan cara dipanaskan dalam kondisi tidak ada kandungan udara sekitar. Proses karbonisasi termasuk mengeringkan dan memanaskan untuk menghilangkan material yang tidak diperlukan seperti tar dan hidrokarbon lainnya. Proses ini akan menghilangkan serpihan molekul yang mudah menguap dan menyebabkan material mengalami proses aktivasi. Aktivasi adalah bagian dalam proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori, serta memperluas permukaan karbon aktif dengan proses *heat traetment* pada temperatur 800 – 1200⁰C (Esmar Budi, 2011).

Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Unsur karbon (C) pada arang aktif mampu menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik

sebagai larutan maupun sebagai gas. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan – bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Ada tiga jenis karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa yaitu:

1. *Powdered Activation Carbon (PAC)*

PAC atau karbon aktif yang berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0.18 mm. PAC terdiri dari partikel-partikel yang telah dihancurkan atau ditumbuk yang mampu melewati saringan berukuran 0.297 mm menurut *Asosiasi American Water Works Standard*, atau berukuran 0.177 mm menurut ASTM D5158. PAC digunakan terutama dalam aplikasi fasa cair dan gas. Digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian *monosodium glutamate*, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarik, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.

2. *Granular Activation Carbon (GAC)*

GAC atau karbon aktif yang berbentuk granular atau tidak beraturan dengan ukuran 0.2 – 5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau tak sedap.

3. *Pellet Activation Carbon*

Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0.8 – 5 mm. Kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang.

Menurut klasifikasi *Steenberg*, karbon aktif dibedakan menjadi :

1. Karbon L merupakan karbon aktif yang dipanaskan pada temperatur 200 – 400⁰C, dan umumnya mengembangkan oksida dalam permukaan asam dan nilai pH yang rendah dalam larutan. Karbon ini menyerap basa dan bersifat hidrofilik.
2. Karbon H merupakan karbon aktif yang dipanaskan pada temperatur 800 – 1000⁰C, dan mengembangkan oksida pada permukaan dan meningkatkan pH serta karbon ini dapat menyerap asam.

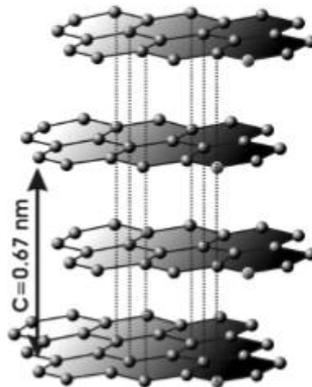
Kelompok – kelompok asam pada karbon aktif dapat menyerap ion logam. Karbon L lebih kuat dari karbon H dan lebih efisien menyerap ion logam. Luas permukaan menjadi faktor utama untuk adsorpsi pada karbon aktif (Gottipati, 2012). Kapasitas serap karbon aktif sangat berhubungan dengan karakteristik pori 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 dapat dilihat pada tabel 3.

Table 3. Klasifikasi Pori Karbon Aktif (Gottipati, 2012)

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

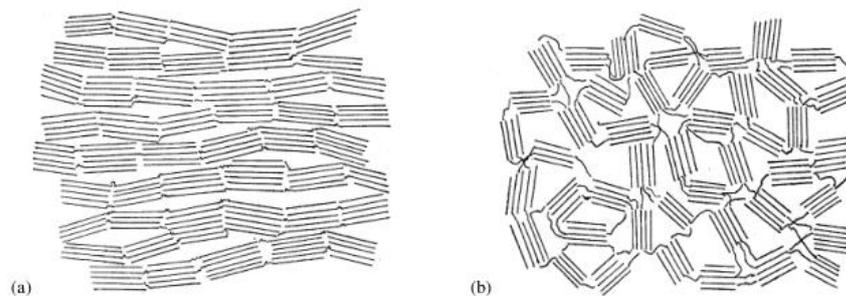
Umumnya mikro pori memiliki volume pori 0.15 – 0.70 cm³/g, dan luas permukaanya 95%. Struktur mikro dibentuk oleh adsorpsi gas dan uap. Luas permukaan meso pori tidak lebih dari 5% dan volume bervariasi antara 0.1 dan 0.2 cm³/g. Namun, dengan metode khusus, mungkin untuk meningkatkan meso pori mencapai 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 m²/g dan 0.2 – 0.4 cm³/g (Gottipati, 2012).

Struktur mikrokristalin karbon aktif mulai berkembang selama proses karbonisasi. Struktur kristal karbon aktif berbeda dari grafit sehubungan dengan jarak interlayer. Jarak interlayer berkisar antara 0.34 dan 0.35 untuk karbon aktif, dan 0.335 untuk kasus grafit. Unit struktural dasar karbon aktif berhubungan dengan struktur grafit. Grafit kristal terdiri dari lapisan segi enam menyatu yang disebabkan oleh ikatan Van der Waals lemah ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Struktur lapisan grafit (Gotipatti, 2012)

Banyak literatur menunjukkan struktur grafit dapat dimodifikasi untuk karbon aktif. Selama proses karbonisasi valensi bebas diciptakan karena gangguan ikatan biasa mikro-kristal. Selain itu, kondisi proses dan adanya kotoran mempengaruhi pembentukan kekosongan (pori – pori) dalam struktur mikrokrystalin. Berdasarkan kemampuan grafit, karbon aktif diklasifikasikan menjadi dua jenis, karbon grafit dan karbon non grafit. Karbon grafit memiliki sejumlah besar lapisan grafit paralel yang berorientasi satu sama lain. Karbon yang diperoleh terasa halus karena ikatan mikro antara kristal – kristal dan memiliki struktur berpori kurang berkembang.



Gambar 4. Skematik ilustrasi dari struktur karbon aktif :
(a) karbon grafit dan (b) karbon non grafit (Gotipatti, 2012)

Karbon non garfit menghubungkan antara kristal – kristal dan menunjukkan struktur mikro yang berkembang dengan baik. Pembentukan struktur non garfit yang kuat disebabkan oleh kehadiran oksigen atau oleh kekurangan hidrogen dalam bahan baku asli. Representasi skematik dari struktur karbon garfit dan karbon non garfit ditunjukkan pada gambar 4.

2.3 Aktivasi Karbon Aktif

Proses aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul – molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Metoda aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah:

- **Aktivasi Kimia**

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan – bahan kimia.

- **Aktivasi Fisika**

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂.

Untuk aktivasi kimia, aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat

dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$ asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 .

Karakter dari karbon aktif bergantung pada parameter aktivasi, seperti temperatur, tekanan, dan lamanya waktu aktivasi. Kenaikan temperatur dan lamanya aktivasi meningkatkan daya serap karbon aktif dengan membentuk pori baru. Bagaimanapun, temperatur karbonisasi dan lamanya aktivasi yang tepat adalah parameter yang penting untuk mendapatkan luas permukaan yang maksimal dari karbon aktif.

2.3.1 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 H_3PO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , $NaOH$, KOH dan $ZnCl_2$ (Hernandez, 2012).

Keuntungan dengan aktivasi kimia 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. Sedangkan kekurangan dengan aktivasi kimia adalah kekorosifan, membutuhkan tahap pencucian, dan lebih mahal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa $ZnCl_2$, $NaOH$ dan H_3PO_4 merupakan bahan kimia yang cukup baik untuk digunakan sebagai aktivator.

Konsentrasi garam – garam khlorida dan asam fosfat umumnya sekitar 10 – 15%, sedangkan untuk NaOH sekitar 1 – 2% dan tergantung dari kekerasan bahan serta lama perendaman sekitar 12 – 24 jam (Sudrajat dan Pari, 2011).

Hidroksides Alkaline (KOH, NaOH) dan karbonat (K_2CO_3 , Na_2CO_3) telah digunakan sebagai aktivator dalam penyusunan karbon aktif dengan permukaan spesifik yang tinggi. Secara umum, aktivasi kimia dengan KOH dan NaOH memungkinkan untuk memperoleh karbon dengan luas permukaan yang tinggi ($>1000 \text{ m}^2/\text{g}$). Namun, KOH dan NaOH adalah bahan kimia korosif dan merusak. Untuk alasan ini, studi terbaru telah mengusulkan penyusunan karbon aktif dengan aktivasi kimia dengan K_2CO_3 karena tidak merusak dan secara luas digunakan untuk aditif makanan (Hernandez, 2012).

Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan kelompok alkalin korosif yang paling penting dan dikenal sebagai *caustic soda*. NaOH merupakan basa kuat yang banyak digunakan di industri seperti petroleum, tekstil, kertas, sabun. Produk ini juga digunakan di rumah tangga, misalnya untuk menangani penyumbatan pipa plambing.

Pada temperatur kamar, NaOH adalah berbentuk padat putih, dapat mengkorosi logam seperti alumunium, seng, tembaga dan jaringan kulit dan melarutkan lemak bila terjadi kontak yang lama, bahan ini dapat mengkorosi gelas, dan membentuk natrium silikat. Bahan ini reaktif dengan air dan menghasilkan panas 10 kcal per mole sehingga dapat memicu kebakaran. Beberapa sifat penting dari bahan ini adalah:

Tabel 4. Sifat – sifat NaOH (Diktat Pengelolaan B3, 2008)

Sifat	
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	39,9971 g/mol
Penampilan	zat padat putih
Densitas	2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	318 °C (591 K)
Titik didih	1390 °C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Kebasaan (pK_b)	-2,43

2.3.2 Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika atau termal menggunakan gas pengoksidasi (CO₂, uap, udara, dan sebagainya) untuk aktivasi karbon setelah karbonisasi, dalam kisaran suhu 800 – 1100⁰C. Aktivasi fisika dapat dilakukan dengan menggunakan tungku tubular, reaktor, meredam tungku dan dalam reaktor kaca yang ditempatkan dalam oven microwave dimodifikasi.

Pada karbon aktif hasil aktivasi fisika terlihat lebih berwarna hitam dari pada karbon aktif yang hanya dilakukan aktivasi kimia saja. Warna yang lebih hitam ini dikarenakan proses aktivasi fisika yang menggunakan metode hidrothermal menghasilkan serbuk yang masih sedikit basah berbeda dengan hasil aktivasi kimia 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 di aktivasi kimia serbuk yang didapat lebih kasar. Hal ini

menunjukkan bahwa pada aktivasi fisika terdapat pemecahan kembali rantai karbon yang masih tersisa yang pada proses aktivasi kimia 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, 2013).

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 sebelumnya, 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 tungku 700⁰C 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 (Bernadeta, 2013).

Sedangkan dari penelitian lainnya, proses aktivasi dilakukan dengan tekanan 15 kg.f/cm² selama 60 menit dengan variasi suhu 532, 700 dan 868⁰C. Didapatkan hasil bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, maka semakin banyak jumlah pori yang terbentuk (Yani, 2013). Dan pada proses aktivasi fisika pada suhu 700⁰C 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 (Fahdiana, 2013).

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 yaitu 800 – 1000⁰C (Hernandez, 2012).

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. Argon dihasilkan dari penyulingan bertingkat udara cair karena atmosfer mengandung 0.49% argon. Titik didih argon berkisar 185.9⁰C. Argon tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, mudah larut dalam air, dan bukan gas yang mudah terbakar. 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 argon tidak reaktif sehingga logam tidak akan teroksidasi seperti halnya jika proses berlangsung di udara terbuka.

Tabel 5. Karakteristik gas argon (Sudrajat dan Pari, 2011)

Nama, Lambang, Nomor atom	Argon, Ar, 18
Deret kimia	Gas mulia
Golongan, Periode, Blok	18, 3, p
Penampilan	Tak berwarna
Massa atom	39,948(1) g/mol
Konfigurasi elektron	[Ne] 3s ² 3p ⁶
Jumlah elektron tiap kulit	2, 8, 8
Fase	Gas
Massa jenis	(0 °C; 101,325 kPa) 1,784 g/L
Titik lebur	83,80 K (-189,35 °C, -308,83 °F)
Titik didih	87,30 K (-185,85 °C, -302,53 °F)
Kalor peleburan	1,18 kJ/mol
Kalor penguapan	6,43 kJ/mol
Kapasitas kalor	(25 °C) 20,786 J/(mol·K)
Struktur kristal	Kubus pusat muka
Energi ionisasi	1520,6 kJ/mol
Jari - jari atom	71 pm
Sifat magnetik	Non magnetic
Konduktivitas termal	(300 K) 17,72 mW/(m·K)

2.4 Kualitas Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjaan, dan ketepatan penggunaannya. Oleh karena itu, bagi produsen karbon aktif yang perlu diketahui adalah kualitas apa yang ingin dihasilkan dengan menggunakan bahan baku yang ada, serta untuk apa tujuan karbon aktif tersebut.

Berbagai versi standar kualitas karbon aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Jepang, Korea, dan Jerman. Indonesia telah membuat pula

standar mutu karbon aktif menurut Standar Industri Indonesia (SII) yaitu SII 0258 – 79 yang kemudian direvisi menjadi SNI 06 – 3730 – 1995. Meskipun demikian, beberapa industri atau instansi membuat persyaratan sendiri dalam menerima kualitas karbon aktif yang ditawarkan, misalnya persyaratan kualitas menurut Kementerian Kesehatan, persyaratan kualitas bagi pengolahan minyak bekas, untuk industri gula, monosodium glutamat, dan lain-lain.

Tabel 6. Standar kualitas karbon aktif menurut SII 0258 – 79 (Sudrajat dan Pari, 2011)

Uraian	Prasarat Kualitas (%)
Bagian yang hilang pada pemansan 950 ⁰ C	Maks. 15
Kadar Air	Maks. 10
Kadar Abu	Maks. 2,5
Bagian yang Mengarang	Tidak ternyata
Daya Serap terhadap I ₂	Min. 20

Tabel 7. Standar kualitas karbon aktif menurut SNI 06 – 3730 – 1995
(<http://sisni.bsn.go.id>)

Uraian	Prasyarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemansan 950 ⁰ C, %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
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	-

Tabel 8. Standar kualitas karbon aktif menurut Departemen Kesehatan RI (Sudrajat dan Pari, 2011)

Uraian	Syarat Kualitas
Daya adsorpsi terhadap:	
Gas khloroform jenuh (t = 16-20 ⁰ C)	40 %
Larutan fenol	30 %
Struktur fisik	Struktur halus, bebas dari butiran hitam, tidak berbau dan tidak berasa
Kadar abu	Maks. 10 %
pH filtrat	5,0 – 8,0
Kelarutan	Tidak larut dalam air dan alkohol 95%
Logam berat	Maks. 50 ppm
Arsen	Maks. 2 ppm

Analisis produk dilakukan terhadap rendaman dan beberapa faktor yang dapat dijadikan sebagai penentu mutu karbon aktif yang dihasilkan. Metode analisis didasarkan pada metode standar (Sudrajat dan Pari, 2011).

a. Rendemen (ASTM, 1979 dan SNI 1995)

Arang aktif yang diperoleh terlebih dahulu dibersihkan, kemudian ditimbang. Rendemen dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat karbon aktif}}{\text{berat bahan}} \times 100\% \quad (1)$$

b. Kadar Air (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Sebanyak 5 gram contoh yang telah dihaluskan ditimbang dengan teliti dan ditempatkan dalam cawan alumunium yang telah diketahui bobotnya, kemudian

dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C hingga bobot konstan, selanjutnya contoh didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang beratnya.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Contoh Awal (gr)} - \text{Berat Kering Tanur (gr)}}{\text{Berat Kering Tanur (gr)}} \times 100\% \quad (2)$$

c. Kadar Zat Mudah Menguap (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Pada prinsipnya metode ini mengandalkan penguapan zat-zat dalam arang selain dari air. Caranya dengan menimbang contoh sebanyak 20 gram dan dipanaskan dalam tanur pada suhu 800 – 900⁰C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam deksikator dan ditimbang.

$$\text{Kadar zat mudah menguap (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \quad (3)$$

dimana: a = berat bahan awal

b = berat bahan setelah ditanur

d. Kadar Abu Total (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Ditimbang secara teliti sebanyak 5 gram contoh dalam cawan abu, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C sampai mencapai bobot konstan. Kemudian dipanaskan pelan-pelan diatas bara atau dibawah lampu inframerah sampai asap berhenti mengepul. Setelah itu dimasukkan ke dalam tanur dan diabukan pada suhu 650⁰C sampai terbentuk abu putih. Abu yang terbentuk dibasahi air suling, dikeringkan dengan pemanas air, kemudian pada *hot plate*. Setelah itu diabukan kembali sampai didapat bobot konstan.

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{bobot abu total}}{\text{gram contoh}} \times 100\% \quad (4)$$

2.5 Definisi dan Kinetika 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).

Proses adsorpsi karbon aktif dapat digambarkan sebagai molekul yang meninggalkan zat pengencer yang terjadi pada permukaan zat padat melalui ikatan kimia maupun fisika. Molekul tersebut digunakan sebagai adsorbat dan zat padat disebut adsorben karbon aktif. Adapun adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif dapat bersifat :

a. Adsorpsi Fisika

Adsorbat hanya berada di permukaan adsorben dikarenakan masih kuatnya gaya tarik – menarik antara molekul adsorbat. Gaya yang terjadi pada adsorpsi fisika antara permukaan adsorben dengan adsorbat adalah gaya Van Der Waals, gaya tarik – menarik yang relatif lemah. Energi aktivasi untuk terjadinya adsorpsi fisika cukup rendah sekitar 1 kkal/mol, sehingga lebih mudah terjadi namun tidak memiliki ikatan yang cukup kuat sehingga adsorbat rawan lepas dari

adsorben. Adsorpsi fisika membatasi kapasitas maksimal penyerapan hidrogen ke karbon sebesar 4.2%, karena rasio hidrogen ke karbon kurang dari satu atom hidrogen per dua atom karbon, adsorpsi fisika bersifat *reversible* (Chodijah, 2011).

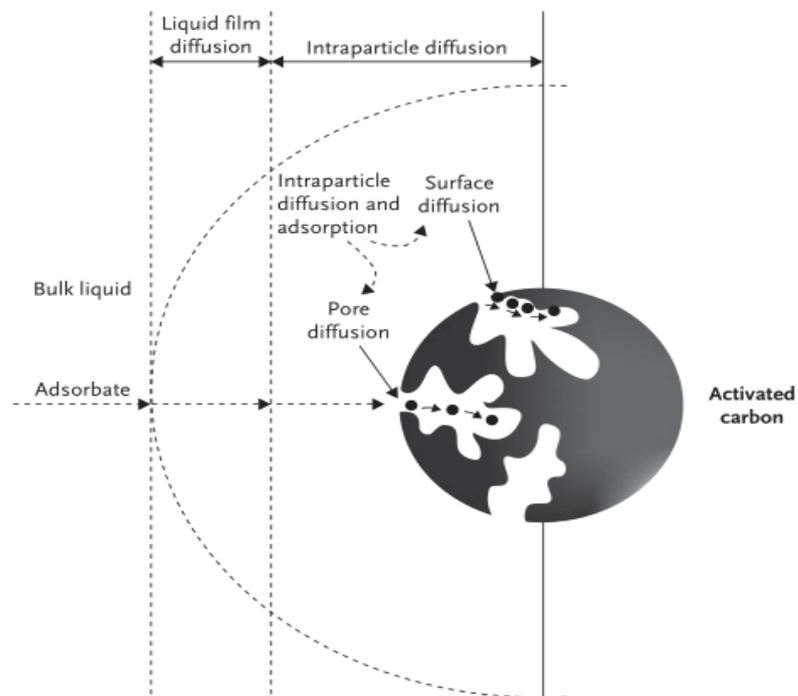
b. Adsorpsi Kimia

Adsorbat tidak hanya di permukaan adsorben tapi juga masuk ke dalam adsorben melalui pori – pori yang ada pada adsorben. Ikatan yang terjadi antara adsorbat dan adsorben adalah jenis ikatan yang kuat yaitu ikatan kovalen atau ikatan ion. Adsorpsi kimia memerlukan energi aktivasi yang lebih besar dibanding adsorpsi fisika yaitu 10 kkal/mol. Adsorpsi kimia bersifat *irreversible*, dengan teoritis maksimal kapasitas hidrogen yang dapat terserap ke karbon yaitu 16,67%, didapat dari rasio dua atom hidrogen per satu atom karbon.

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

1. *Bulk transport*, merupakan perpindahan dari substrat dalam larutan ke permukaan partikel, biasa terjadi cepat selama terjadi mixing.
2. *Film transport*, pada langkah ini terjadi difusi dari substrat melalui lapisan film yang berbeda di permukaan partikel.

3. *Intraparticle transport*, merupakan proses perpindahan yang terjadi didalam adsorben. Perpindahan terjadi dari permukaan partikel adsorben ke bagian dalam dari adsorben dengan proses difusi melalui media cair yang berada didalam pori – pori.
4. Adsorpsi zat terlarut pada bagian aktif, proses adsorpsi yang terjadi di bagian dalam dari permukaan adsorben, yaitu adsorpsi substrat di bagian aktif adsorben.



Gambar 5. Eksternal dan internal transportasi dari adsorbat dalam partikel karbon aktif (Aditya dkk, 2015)

Kinetika adsorpsi dapat dijelaskan sebagai tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori – pori partikel, adsorben. Terdapat tiga mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi (Raditya, 2010) yaitu:

1. Molekul – molekul zat yang diserap dipindahkan dari bagian terbesar larutan ke permukaan luar dari adsorban. Fase ini disebut sebagai difusi film atau difusi eksternal.
2. Molekul – molekul zat yang diserap dipindahkan pada kedudukan adsorpsi pada permukaan adsorban ke bagian yang lebih dalam yaitu pada bagian pori. Fase ini disebut dengan difusi pori.
3. Molekul – molekul zat yang diadsorpsi menempel pada permukaan partikel.

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap adsorpsi. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

1. Sifat Adsorben

Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan karbon aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

4. pH (Derajat Keasaman)

Diketahui bahwa adsorpsi akan rendah pada bentuk terion. Pada umumnya tingkat adsorpsi akan meningkat apabila pH diturunkan. Untuk asam – asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selain ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama (Sembiring, 2003).

2.6 Metode Filter Karbon Aktif

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 variable seperti kecepatan pengadukan, waktu pengadukan, diameter adsorben, massa adsorben, konsentrasi limbah.

Pada zaman ini, dengan keberadaan teknologi serta pendukungnya yang semakin canggih dan juga kondisi air baku yang sudah tidak memenuhi persyaratan baku mutu air bersih serta sulitnya mencari air yang baik dan memenuhi persyaratan air bersih, maka teknologi yang cocok untuk digunakan pada saat ini dengan teknologi yang *HiTech*. Banyak sekali industri yang bergerak di bidang sistem pengelolaan air minum dan air bersih. Berikut tahapan sistem pengelolaan air bersih dari salah satu industri :

1. Proses *Sand Filter*

Proses ini bertujuan untuk mengurangi polutan – polutan yang ukurannya lebih besar dari 20 mikron, serta menahan atau memfilter kadar logam berat yang telah teroksidasi.

2. Proses *Greensand Filter*

Proses ini mempunyai fungsi menghilangkan kadar logam berat serta zat kimia lainnya yang tidak sempat teroksidasi pada awal proses. Proses filtrasi ini menggunakan media *greensand* yang mempunyai fungsi mengikat serta merubah ion logam berat yang lolos menjadi ion logam teroksidasi.

3. Proses *Carbon Filter*

Proses ini bertujuan menghilangkan aroma air yang tidak sedap serta membunuh bakteri serta mengikat racun – racun dalam air.

4. Proses *Softening*

Proses ini bertujuan melunakan air serta rasa air agar tidak kesat serta mengurangi kadar kapur atau kesadahan dalam air.

5. Sterilisasi Air

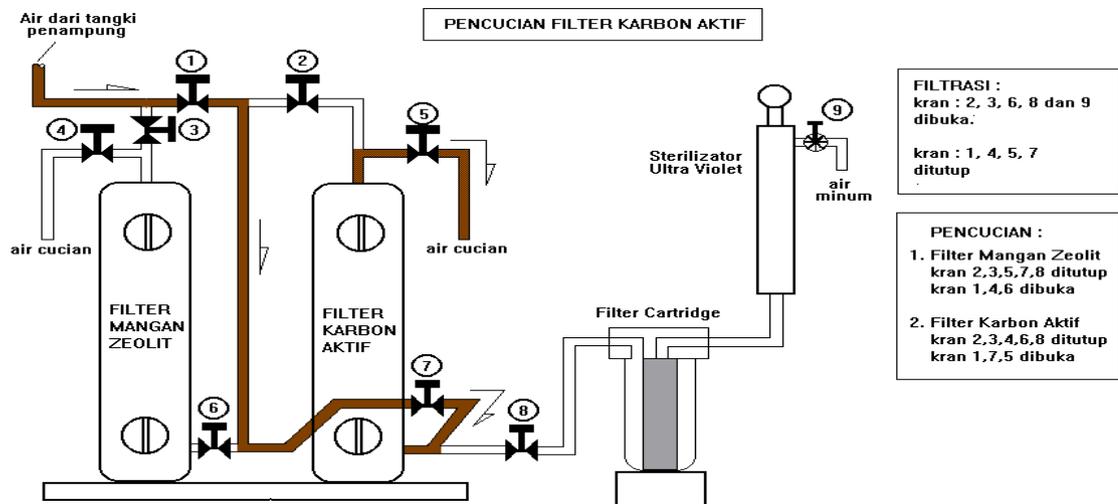
Ada beberapa proses sterilisasi pada air hasil olahan yang dilakukan contohnya (pada proses air minum kemasan) adalah:

a. Penambahan gas ozone (ozonisasi)

Proses ozonisasi bertujuan membunuh bakteri, virus serta jamur – jamur dan lumut serta untuk mengawetkan air yang sudah dikemas dalam kemasan yang mana apabila terjadi kontaminasi pada kemasan yang tidak steril atau bersih.

b. Penyinaran Ultra Violet Sterilisasi

Proses sterilisasi yang bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh bakteri yang terkandung dalam air hasil yang mungkin dan juga terkontaminasi dari instalasi pipa produk. Perlakuan ini dilakukan pada akhir proses yaitu kondisi sebelum output air hasil. Proses ini menggunakan sinar Ultra Violet dengan panjang gelombang 254 nm.



Gambar 6. Proses filter di industri (<http://zeofilt nusapersada.indonetwork.co.id>)

2.7 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.

Logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu:

- 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 yaitu 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 efektif, efisiensi tinggi rendah, dan mudah dioperasikan untuk menghapus tingkat jejak ion logam berat, teknologi adsorpsi dianggap sebagai yang paling menjanjikan untuk menghilangkan ion logam berat dari limbah (Xiangtao, 2012).

2.7.1 Logam Cu

Secara umum masuknya tembaga kedalam tatanan lingkungan dapat terjadi secara alamiah dan dapat juga secara non alamiah. Secara alamiah tembaga masuk ke dalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari berbagai peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa erosi dari batuan mineral. Sumber lain adalah debu dan atau partikulat partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan. Melalui jalur non alamiah, Cu masuk kedalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia. Jalur dari aktifitas manusia ini kedalam tatanan lingkungan ada bermacam – macam. Sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, industri galangan

kapal, karena Cu digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya.

Tembaga masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa – peristiwa alamiah dan sebagai efek samping dari aktifitas yang dilakukan manusia. Dalam kondisi normal keberadaan Cu di perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion CuCO_3^- dan CuOH^- . Bila dalam perairan terjadi peningkatan kelarutan Cu, sehingga melebihi ambang batas yang seharusnya. Maka akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota perairan. Peristiwa biomagnifikasi dapat diidentifikasi melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh. Gejala yang timbul pada manusia yang keracunan Cu akut adalah mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya kematian. Pada keracunan kronis, Cu tertimbun dalam hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya H_2O_2 dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah (Maslukah, 2006).

2.7.2 Logam Fe

Manusia yang sehat dalam jaringan tubuhnya selalu ditemukan ion logam yang normal. Sedangkan ion logam yang ditemukan terlalu rendah pada jaringan tertentu misalnya darah (Fe), hati (Cu), dapat digunakan untuk mendiagnosa adanya kelainan pada orang yang bersangkutan yang kemungkinan menderita defisiensi atau penyakit lainnya. Diperkirakan bahwa untuk setiap pria dewasa harus

memperoleh sekitar 1 mg/hari untuk mengganti Fe yang diekskresikan melalui saluran pencernaan, urine dan kulit. Pada wanita dewasa, darah yang hilang pada saat menstruasi perlu diganti dengan 1.4 – 2.2 mg Fe/hari. Pada umumnya manusia memperoleh sekitar 10 – 20 mg Fe/hari dari makanan yang diabsorpsi melalui saluran pencernaan. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis besar dapat merusak dinding usus.

Besi merupakan salah satu elemen kimia yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air, besi yang ada didalam air dapat berupa terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri), tersuspensi sebagai butir koloidal atau lebih besar seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya, bergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik atau seperti tanah. Pada air permukaan jarang dijumpai kadar Fe yang lebih besar dari 1 mg/l, tetapi didalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi.

Pada air yang tidak mengandung oksigen (O_2) seperti air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup larut, sedangkan pada air sungai yang mengalir Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} . Fe^{3+} ini sulit larut bahkan dapat menjadi ferihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan dapat mengendap. Demikian halnya didalam sungai, besi berada sebagai Fe^{2+} , Fe^{3+} terlarut dan Fe^{3+} dalam bentuk senyawa organik berupa kolodial. Besi masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat melalui dari buangan industri, limbah pertambangan, pengelasan logam, dan pipa – pipa air (Darmono, 2001).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa dengan uji SEM.
2. Mengetahui pengaruh morfologi karbon aktif tempurung kelapa terhadap kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair dengan uji AAS.
3. Mengetahui konsentrasi aktivator NaOH yang menghasilkan karbon aktif paling baik kualitasnya.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Tempurung Kelapa FMIPA UNJ untuk proses karbonisasi dan pirolisis tempurung kelapa, Laboratorium Fisika Material FMIPA UNJ untuk proses persiapan bahan dan aktivasi, Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNJ untuk pengujian AAS, serta Laboratorium Fakultas Teknik UNJ untuk pengujian SEM dan EDS. Waktu penelitian ini berlangsung selama 6 bulan yaitu November 2014 hingga April 2015.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan untuk membuat dan mengetahui hasil dari pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dalam aktivasi kimia fisika terhadap morfologi karbon aktif tempurung kelapa serta kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat yang digunakan antara lain :

1. Neraca digital
2. *Ultrasonic frequency mixing*
3. Kertas timbang
4. Spatula
5. *Hot plate*
6. Plastik klip
7. Mortar dan alu
8. Desikator
9. Gelas kimia dan gelas ukur
10. Pipet tetes
11. Sarung tangan dan masker
12. Alat uji AAS (SHIMADZU, AA – 700)
13. Alat uji SEM (JSM – 6510LA)

3.4.2 Bahan yang digunakan antara lain :

1. Granul arang tempurung kelapa
2. Aquades
3. Alkohol 96%
4. Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)
5. Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
6. Serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Sisa – sisa serabut kelapa yang masih menempel pada tempurung kelapa dibersihkan. Selanjutnya menyikat tempurung kelapa untuk menghilangkan kotoran – kotoran yang menempel dan menjemur tempurung hingga kering selama kurang lebih 2 – 3 hari. Kemudian melakukan proses pirolisis 100 kg tempurung kelapa pada suhu $70 - 100^0$ C selama kurang lebih 6 jam. Mencuci dan membersihkan arang tempurung kelapa yang telah terbentuk kemudian mengeringkannya dalam tungku pada suhu 120^0 C selama satu malam. Menggerus arang tempurung kelapa hasil pirolisis hingga mencapai ukuran granul millimeter, lalu membersihkannya dengan *ultrasonic frequency mixing* dan mencuci granul tersebut dalam larutan alkohol 96% dengan memanaskannya diatas *hot plate* selama 60 menit pada suhu ruang.

3.5.2 Aktivasi

Aktivasi bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori, serta memperluas permukaan karbon aktif. Ada dua macam metode aktivasi, yaitu :

- Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia arang tempurung kelapa dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam larutan aktivator yaitu larutan Natrium Hidroksida (NaOH) pada variasi konsentrasi 1%, 2%, 4%, 7% dan 11% selama 24 jam dalam wadah tertutup. Perbandingan jumlah arang tempurung kelapa dengan larutan NaOH adalah 10 gram arang tempurung kelapa direndam dalam 30 ml larutan NaOH.

Setelah merendam arang tempurung kelapa selama 24 jam, menyaring dan mencuci arang tersebut menggunakan aquades kemudian mengeringkannya diatas *hot plate* selama 3 jam dengan temperatur kamar lalu mendinginkannya dalam desikator.

- Aktivasi Fisika

Proses aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan arang hasil aktivasi kimia didalam tungku horizontal pada suhu 400°C selama 1 jam dan dialirkan gas Argon sebagai gas inert dengan laju aliran 200 kg/m^3 .

3.5.3 Penetapan Kadar Air Karbon Aktif

Prosedur penetapan kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Kadar air arang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Contoh Awal (gr)} - \text{Berat Kering Tanur (gr)}}{\text{Berat Kering Tanur (gr)}} \times 100\% \quad (5)$$

3.5.4 Penetapan Rendemen

Prosedur penetapan rendemen mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Rendemen dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat karbon aktif}}{\text{berat bahan}} \times 100\% \quad (6)$$

3.5.5 Pembuatan Larutan Artificial Cu dan Fe

Larutan artificial adalah larutan induk buatan yang mempunyai kadar logam berat yang digunakan sebagai larutan kerja dengan kadar yang lebih rendah. Berdasarkan SNI 6989-71-2009 berikut adalah pembuatan larutan artificial logam berat :

- Larutan artificial Cu :

$$\text{Larutan Induk} = \frac{Mr \text{ CuSO}_4}{2 \times Ar \text{ Cu}} \times 1 \text{ liter} \times 5 \text{ mg/l} \quad (7)$$

- Larutan artificial Fe :

$$\text{Larutan Induk} = \frac{Mr \text{ FeSO}_4}{2 \times Ar \text{ Fe}} \times 1 \text{ liter} \times 5 \text{ mg/l} \quad (8)$$

3.5.6 Filterisasi

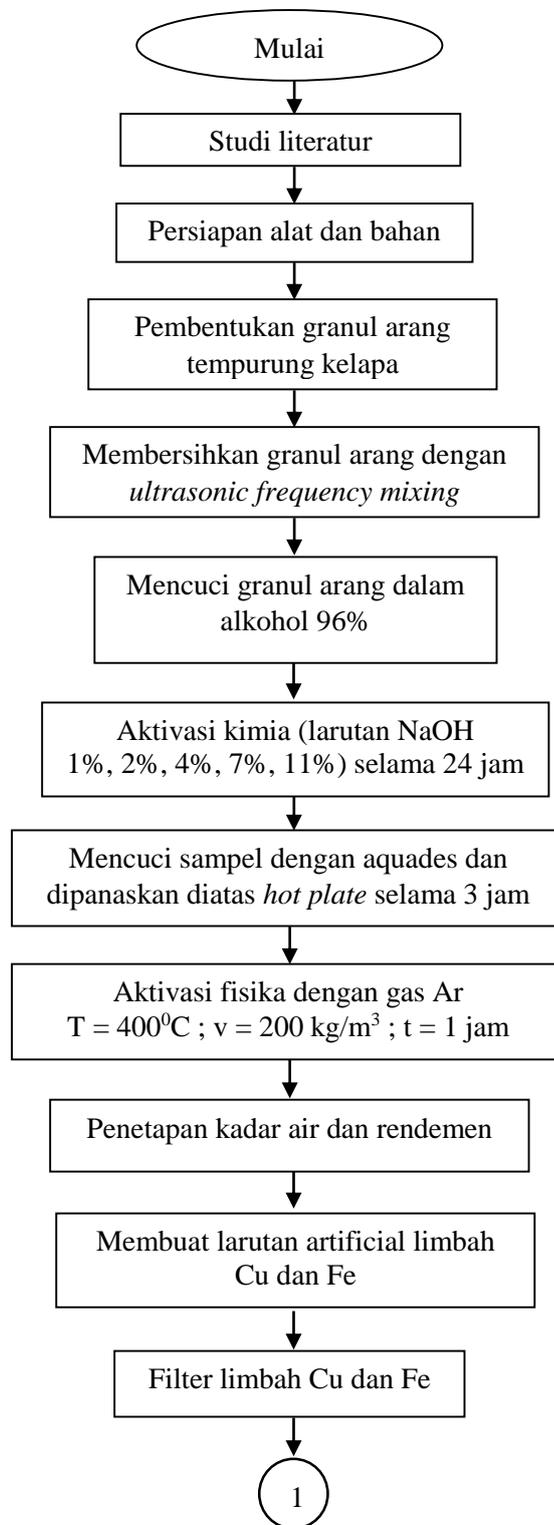
Setelah mendapatkan karbon aktif yang telah diaktivasi, selanjutnya membuktikan bahwa kualitas karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben limbah Cu dan Fe pada limbah cair bekerja dengan baik. Pengujian filterisasi menggunakan cara kontinyu.

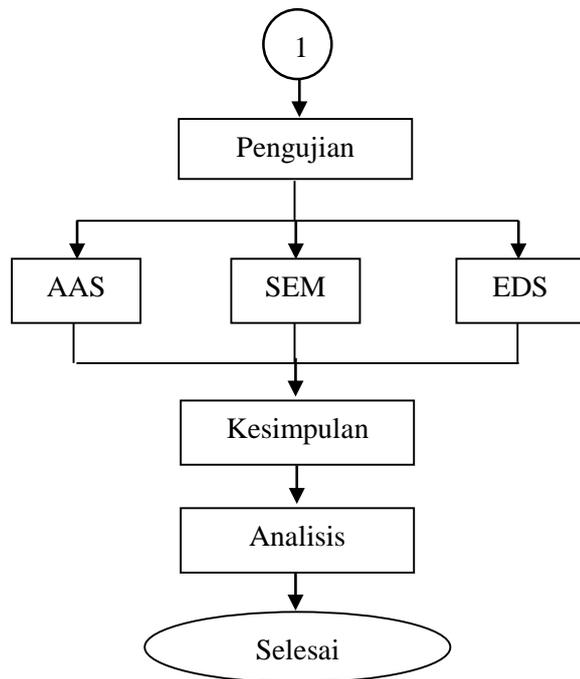
Karbon aktif yang telah diaktivasi sebanyak 3 gram direndam dalam 15 ml limbah Cu dan Fe selama 4 jam. Kemudian dilakukan uji adsorpsi menggunakan cara kontinyu dengan mengalirkan limbah searah gravitasi ke bawah.

3.5.7 Karakterisasi Karbon Aktif

Karakterisasi karbon aktif selain dengan menghitung nilai kadar air dan rendemen yang berdasarkan pada standar Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995, juga melakukan uji SEM untuk mengetahui morfologi atau struktur pori karbon aktif yang terbentuk, uji EDS untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa yang terkandung dalam karbon aktif dan melakukan uji AAS untuk mengetahui tingkat kemampuan karbon aktif mengadsorpsi logam Cu dan Fe yang terkandung dalam larutan artificial limbah Cu dan Fe.

3.6 Diagram Alir Penelitian





Gambar 7. Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan pembentukan karbon aktif berbahan dasar arang tempurung kelapa dan pengujian morfologi pori karbon aktif tersebut. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam larutan aktivator basa yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) pada variasi konsentrasi 1%, 2%, 4%, 7%, dan 11% selama 24 jam dalam wadah tertutup. Aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan arang hasil aktivasi kimia pada suhu 400⁰C selama 1 jam didalam tungku horizontal yang dialirkan gas Argon dengan laju aliran 200 kg/m³. Karakterisasi karbon aktif dengan menghitung nilai kadar air berkisar antara 4 – 8% dan rendemen berkisar antara 74 – 85% yang berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995, uji SEM, uji EDS dan uji AAS.

4.1 Persiapan Bahan

Pada persiapan bahan atau preparasi sampel terdapat tiga tahap, yaitu tahap pembentukan arang tempurung kelapa atau karbonisasi, pembentukan granul arang tempurung kelapa dan pencucian granul arang tempurung kelapa.

Tahap pertama yang dilakukan adalah pembentukan arang tempurung kelapa atau karbonisasi. Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisis atau pembakaran tidak sempurna pada tempurung kelapa menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbondioksida. Pada saat pirolisis,

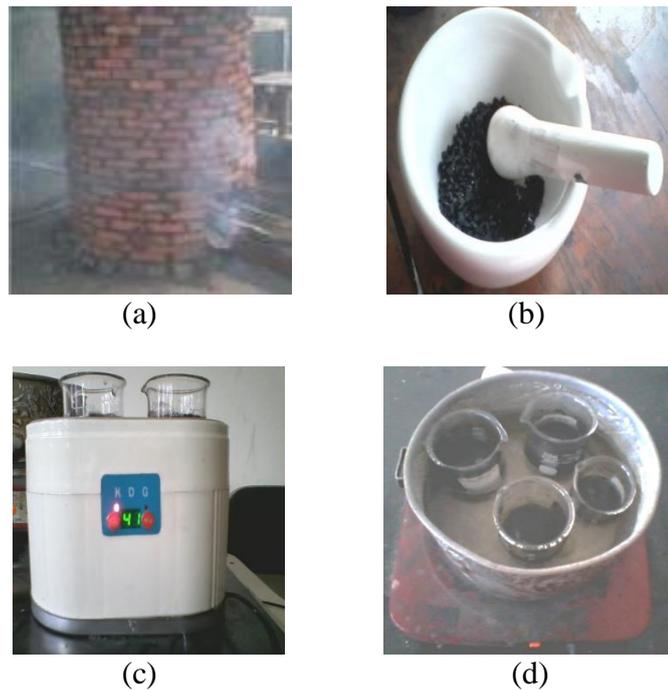
energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang (Rangga Radika, 2010).

Sisa – sisa serabut kelapa yang masih menempel pada tempurung kelapa dibersihkan. Selanjutnya menyikat tempurung kelapa untuk menghilangkan kotoran – kotoran yang menempel dan menjemur tempurung hingga kering selama kurang lebih 2 – 3 hari. Kemudian melakukan proses pirolisis 100 kg tempurung kelapa pada suhu 70 – 100⁰ C selama kurang lebih 6 jam. Mencuci dan membersihkan arang tempurung kelapa yang telah terbentuk kemudian mengeringkannya dalam tungku pada suhu 120⁰ C selama satu malam. Terdapat hasil pembakaran yang tidak sempurna dari proses pirolisis ini, ada beberapa arang tempurung kelapa yang tidak terbakar sempurna dan masih berwarna kecoklatan, sehingga harus dipilih terlebih dahulu arang tempurung kelapa yang mengalami pembakaran sempurna biasanya berwarna hitam.

Tahap kedua yang dilakukan adalah pembentukan granul arang tempurung kelapa. Pembentukan granul ini menggunakan mortar dan alu untuk menghancurkan bongkahan arang tempurung kelapa menjadi ukuran granul milimeter. Kemudian hasilnya disaring menggunakan saringan untuk memisahkan granul dan serbuk arang tempurung kelapa.

Tahap ketiga yang dilakukan adalah pencucian sampel granul arang tempurung kelapa. Granul arang tempurung kelapa terlebih dahulu dibersihkan dengan *ultrasonic frequency mixing* selama 297 detik. Kemudian sampel granul arang tersebut dicuci menggunakan alkohol 96%, sampel granul direndam dalam alkohol hingga semua bagian sampel granul terendam lalu dipanaskan di atas *hot*

plate selama 60 menit pada suhu ruang. Penggunaan alkohol ini dimaksudkan agar kotoran – kotoran yang ada dalam granul arang tempurung kelapa menguap dengan alkohol, selanjutnya sampel didinginkan beberapa saat dan diletakkan dalam desikator.



Gambar 8. Proses persiapan bahan : (a) Proses karbonisasi ; (b) Pembentukan granul arang tempurung kelapa ; (c) Pembersihan granul arang tempurung kelapa ; (d) Pencucian granul arang tempurung kelapa

4.2 Aktivasi

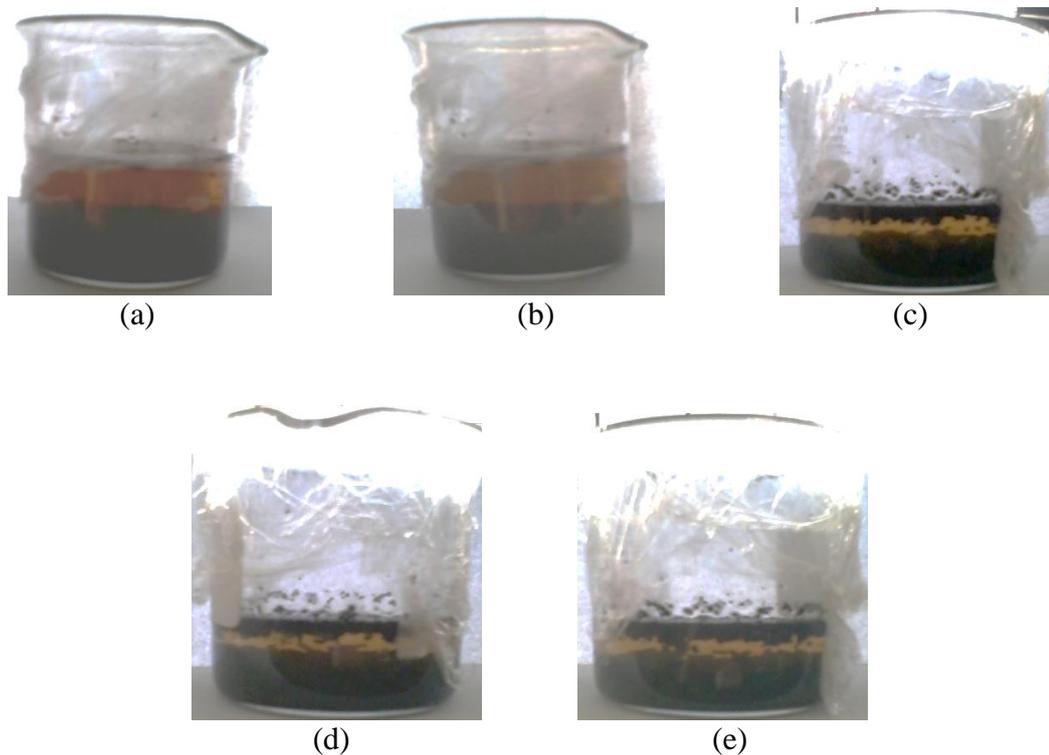
Proses aktivasi bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori, serta memperluas permukaan karbon aktif. Pada penelitian ini dilakukan dua macam metode aktivasi yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

4.2.1 Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia berfungsi untuk mendegradasi dan penghidrasi molekul organik, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga – rongga karbon, membantu mengeluarkan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

Aktivasi kimia pada penelitian ini dilakukan dengan merendam granula arang tempurung kelapa hasil karbonisasi ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Penggunaan larutan NaOH sebagai aktivator kimia karena aktivator NaOH merupakan basa kuat dengan atom Na sangat mudah melepaskan elektron sehingga atom Na memiliki energi ionisasi yang cukup rendah dan mengakibatkan NaOH sangat mudah terurai jika dilarutkan dalam air. Oleh sebab itu, aktivator NaOH mampu berfungsi sebagai dehidrat pada karbon aktif yang dihasilkan. Selain itu, NaOH merupakan reduktor terkuat sehingga dapat menyebabkan zat – zat lain sebagai pengotor mengalami reduksi atau berkurang, dan harganya yang terjangkau serta tidak menyebabkan pencemaran lingkungan (Sudrajat dan Pari, 2011).

Pada penelitian ini, aktivator NaOH yang digunakan ada lima variasi konsentrasi yang berbeda yaitu 1%, 2%, 4%, 7% dan 11%. Tujuan dari perlakuan variasi konsentrasi ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator NaOH terhadap karakteristik dan kualitas karbon aktif sebagai adsorben logam berat pada limbah cair.

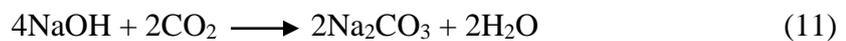
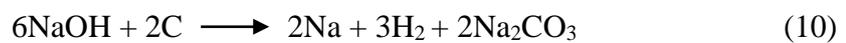
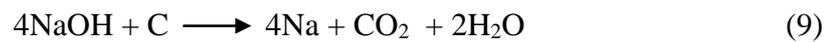


Gambar 9. Proses aktivasi kimia dengan variasi konsentrasi : (a) NaOH 1% ; (b) NaOH 2% ; (c) NaOH 4% ; (d) NaOH 7% ; (e) NaOH 11%

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam aktivator NaOH pada lima variasi konsentrasi tersebut selama 24 jam dalam wadah tertutup. Perbandingan jumlah arang tempurung kelapa dengan larutan NaOH adalah 10 gram arang tempurung kelapa direndam dalam 30 ml larutan NaOH. Setelah direndam selama 24 jam, arang tempurung kelapa disaring dan dicuci menggunakan aquades kemudian dikeringkan diatas *hot plate* selama 3 jam dengan temperatur kamar lalu didinginkan dalam desikator.

NaOH memiliki warna bening, namun saat granul arang tempurung kelapa direndam dalam NaOH selama 24 jam, warna NaOH berubah menjadi coklat seperti pada gambar 9. Hal ini menunjukkan larutan NaOH bersifat basa kuat yang

korosif sehingga dapat menghilangkan kandungan *moisture* dan *volatile*. Aktivasi kimia dengan NaOH melibatkan reaksi kimia yang menghasilkan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) atau soda abu dan air. Beberapa reaksi yang dihasilkan antara lain :



Reaksi antara arang dan NaOH mengeluarkan air seperti pada persamaan (9) dan (11) karena NaOH merupakan *dehydrating agent* yang menyerap air dalam pori arang tempurung kelapa. Pada proses aktivasi ini karbon akan bereaksi dengan NaOH sehingga karbon akan terkikis (membentuk lubang) menghasilkan pembentukan pori – pori. Pembentukan pori – pori ini akan memperbesar luas permukaan karbon aktif yang diperoleh sehingga daya adsorptinya pun akan meningkat.

Dari gambar 9 dapat terlihat granul arang yang direndam dengan NaOH 1% dan 2 % berada didasar gelas sedangkan granul arang yang direndam dengan NaOH 4%, 7% dan 11% terdapat sebagian granul arang yang mengapung. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi dari aktivator NaOH maka semakin pekat dan kental larutan NaOH tersebut dan massa jenis NaOH menjadi lebih besar dibandingkan dengan massa arang yang direndam sehingga sebagian granul arang akan mengapung di permukaan. Namun jika terlalu besar konsentrasi NaOH dapat

menyebabkan terjebaknya atom Natrium (Na) dalam kisi kristal karbon yang mengurangi volume pori sehingga daya serap karbon berkurang (Subadra dkk, 2005).

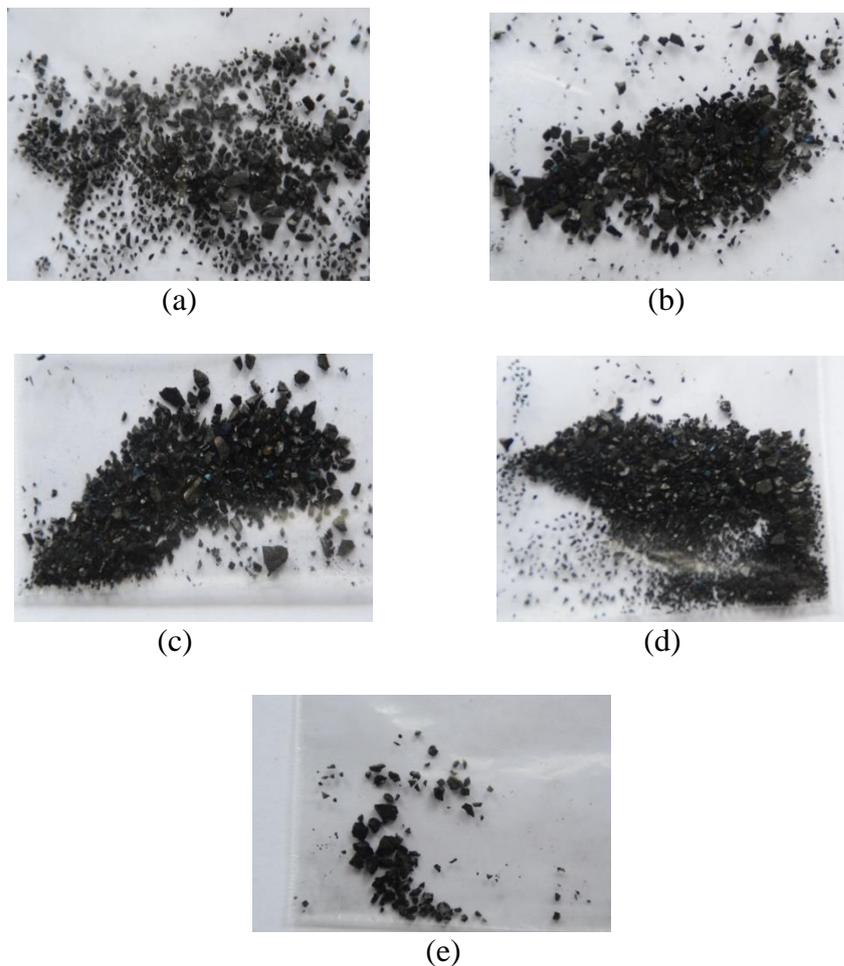
Aktivasi kimia ini merupakan hal yang penting dalam pembuatan karbon aktif, dengan proses aktivasi kimia arang akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat, karena arang hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat yang menutupi pori – pori permukaan arang. Zat yang menutupi pori akan dihilangkan dengan menggunakan aktivator NaOH. Pada saat perendaman, larutan NaOH akan teradsorpsi oleh arang yang akan melarutkan tar dan mineral anorganik. Hilangnya zat tersebut dari permukaan karbon aktif akan menyebabkan semakin besar pori dari karbon aktif (Subadra dkk, 2005). Besarnya pori karbon aktif berakibat meningkatnya luas permukaan karbon aktif dan hal ini akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif.

4.2.2 Aktivasi Fisika

Karbon aktif hasil dari aktivasi kimia yang telah dicuci dan diuapkan kandungan airnya, selanjutnya diaktivasi fisika. Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan proses pemanasan dan aliran gas. Tujuan dari proses aktivasi fisika adalah mempertinggi volume pori, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru (Sudrajat dan Pari, 2011).

Karbon aktif yang telah diaktivasi kimia, diaktivasi fisika pada suhu 400⁰C selama 1 jam didalam tungku horizontal (*horizontal furnace*) yang dialirkan

gas Argon (Ar) dengan laju aliran 200 kg/m^3 . Penggunaan gas argon selama proses aktivasi fisika karena argon merupakan gas yang inert dan tidak memiliki sifat reduktor maupun oksidator sehingga pembakaran karbon menjadi abu dan oksidasi oleh pemansan lebih lanjut dapat dikurangi. Gas argon juga berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada karbon sehingga menghilangkan pengotor – pengotor pada karbon dan memperluas permukaan karbon aktif (Sudaryanto, 2006).



Gambar 10. Karbon aktif hasil aktivasi kimia fisika : (a) NaOH 1% ;
(b) NaOH 2% ; (c) NaOH 4% ; (d) NaOH 7% ; (e) NaOH 11%

Pada gambar 10 karbon aktif hasil aktivasi fisika terlihat lebih berwarna hitam dan beberapa granul berwarna kebiruan dari pada karbon aktif yang hanya di aktivasi kimia saja serta serbuk karbon aktif yang didapat semakin halus. Hal ini menunjukkan bahwa pada aktivasi fisika terdapat pemecahan kembali rantai karbon yang masih tersisa (Latifan, 2013).

4.3 Hasil Pengujian Kualitas Karbon Aktif

Dalam penelitian ini didapatkan beberapa karakteristik dari sifat karbon aktif. Perbedaan konsentrasi NaOH sebagai aktivator memberikan sifat karakteristik yang berbeda pada masing – masing karbon aktif. Sifat karakteristik yang diamati pada penelitian ini yaitu kadar air dan nilai rendemen.

4.3.1 Kadar Air

Keberadaan air di dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis dari karbon aktif, dimana sifat higroskopis adalah kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungannya melalui adsorpsi. Suatu zat disebut higroskopis jika zat itu mempunyai kemampuan menyerap molekul air yang baik. Contoh zat – zat higroskopis adalah madu, gliserin, etanol, metanol, asam sulfat pekat, dan natrium hidrokida (NaOH). Oleh sebab itu sifat yang sangat higroskopis inilah yang menyebabkan karbon aktif digunakan sebagai adsorben.

Metode yang digunakan dalam penentuan kadar air dari karbon aktif adalah analisis kimia berdasarkan penimbangan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Dalam

penentuan kadar air pada karbon aktif ini dianalisis berdasarkan perbedaan penimbangan berat karbon aktif sebelum diuapkan kandungan airnya dan ketika sudah diuapkan kandungan airnya.

Penentuan kadar air dilakukan dengan asumsi bahwa dalam karbon aktif hanya air yang merupakan senyawa *volatile* yang masih ada dalam pori karbon aktif. Keberadaan air di dalam pori karbon aktif karena masih ada air yang terjebak dalam pori karbon aktif dan menutupi pori – porinya. Hasil pengukuran kadar air karbon aktif yang telah diaktivasi kimia fisika sesuai tabel 9.

Tabel 9. Kadar air karbon aktif arang tempurung kelapa

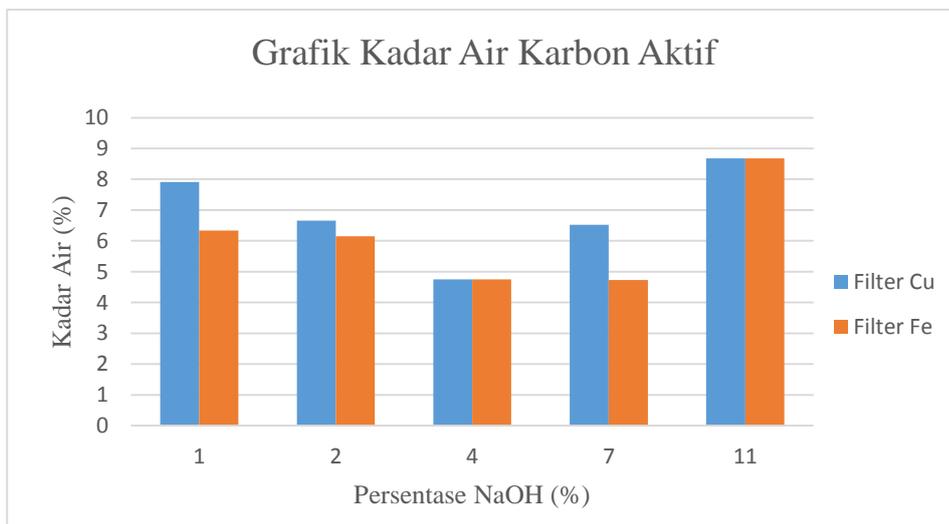
Persentase NaOH (%)	Kadar Air (%)	
	Filter Cu	Filter Fe
1%	7.91	6.34
2%	6.66	6.15
4%	4.75	4.75
7%	6.52	4.73
11%	8.68	8.68

Adanya kandungan air yang terdapat dalam pori – pori karbon aktif menunjukkan belum semuanya kandungan air teruapkan dan hilang dari pori – pori. Air dalam karbon aktif terikat oleh zat aktivator NaOH dalam pori – pori karbon aktif. Hal ini terjadi karena NaOH dan karbon aktif yang bersifat higroskopis.

Terikatnya molekul air yang ada pada karbon aktif oleh aktivator menyebabkan pori – pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori – pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan ini mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari

karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut.

Sesuai data pada tabel 9 dapat dilihat bahwa kadar air yang terkandung telah sesuai persyaratan menurut SII No.0258-79 yaitu maksimum 10%. Hal ini menunjukkan kualitas karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu karbon aktif dengan nilai kadar air dibawah batas maksimal kadar air yang ditentukan.



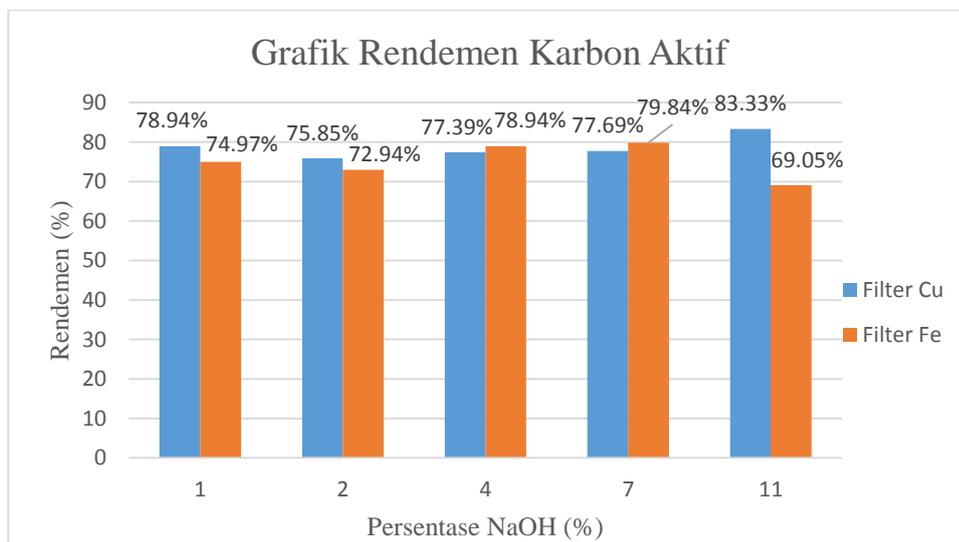
Gambar 11. Grafik kadar air karbon aktif arang tempurung kelapa

Dari gambar 11 dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi NaOH sebagai aktivator kimia mempengaruhi kadar air karbon aktif yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi NaOH yang digunakan, kadar air karbon aktif semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi aktivator yang digunakan, maka semakin banyak air yang diserap oleh NaOH karena sifatnya yang higroskopis. Akan tetapi pada NaOH 7% dan 11% terjadi kenaikan kandungan

kadar air dalam karbon, hal ini disebabkan jika terlalu besar konsentrasi NaOH akan mengakibatkan banyak NaOH yang masih berada dalam pori dan menutupi pori karbon aktif. NaOH yang berada dalam pori karbon aktif akan menyerap air yang ada di lingkungan sekitarnya dan menambah kandungan air dalam karbon (Santiyo dkk, 2009).

4.3.2 Rendemen

Penetapan rendemen karbon aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi dan aktivasi. Nilai rendemen yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 74 – 85%. Hasil penetapan nilai rendemen karbon aktif yang telah diaktivasi kimia fisika sesuai gambar 12.



Gambar 12. Grafik rendemen karbon aktif arang tempurung kelapa

Untuk filter Cu nilai rendemen tertinggi diperoleh pada arang yang diaktivasi dengan NaOH 11% sebesar 83.33% dan yang terendah adalah arang yang diaktivasi dengan NaOH 2% sebesar 75.85%. Sedangkan untuk filter Fe nilai rendemen tertinggi diperoleh pada arang yang diaktivasi dengan NaOH 7% sebesar 79.84% dan yang terendah adalah arang yang diaktivasi dengan NaOH 11% sebesar 69.05%.

Penggunaan aktivator NaOH berpengaruh terhadap rendemen karbon aktif. Adanya NaOH selama aktivasi menghasilkan degradasi material yang akan membentuk pori. Peningkatan konsentrasi NaOH yang digunakan dapat menurunkan rendemen karbon aktif yang dihasilkan. Semakin besar nilai rendemen yang dihasilkan maka akan semakin banyak jumlah karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi dan aktivasi sehingga semakin baik daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

Rendahnya rendemen yang dihasilkan oleh NaOH 2% untuk filter Cu dan NaOH 11% untuk filter Fe disebabkan karena reaksi kimia yang terjadi antara karbon yang terbentuk dengan uap air (H_2O) semakin meningkat, sejalan dengan makin meningkatnya suhu dan lama aktivasi, sehingga karbon yang bereaksi menjadi CO_2 dan H_2O juga semakin banyak, dan sebaliknya karbon yang dihasilkan semakin sedikit (Santiyo dkk, 2009).

Sesuai gambar 12 terlihat pada NaOH 4% nilai rendemen mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan dalam aktivator NaOH 4%, massa jenis larutan lebih besar dibandingkan dengan massa arang yang direndam sehingga arang akan mengapung di permukaan. Bahan kimia yang ditambahkan dalam aktivasi karbon

aktif juga dapat memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi sehingga meningkatkan nilai rendemen (Amalia dkk, 2014).

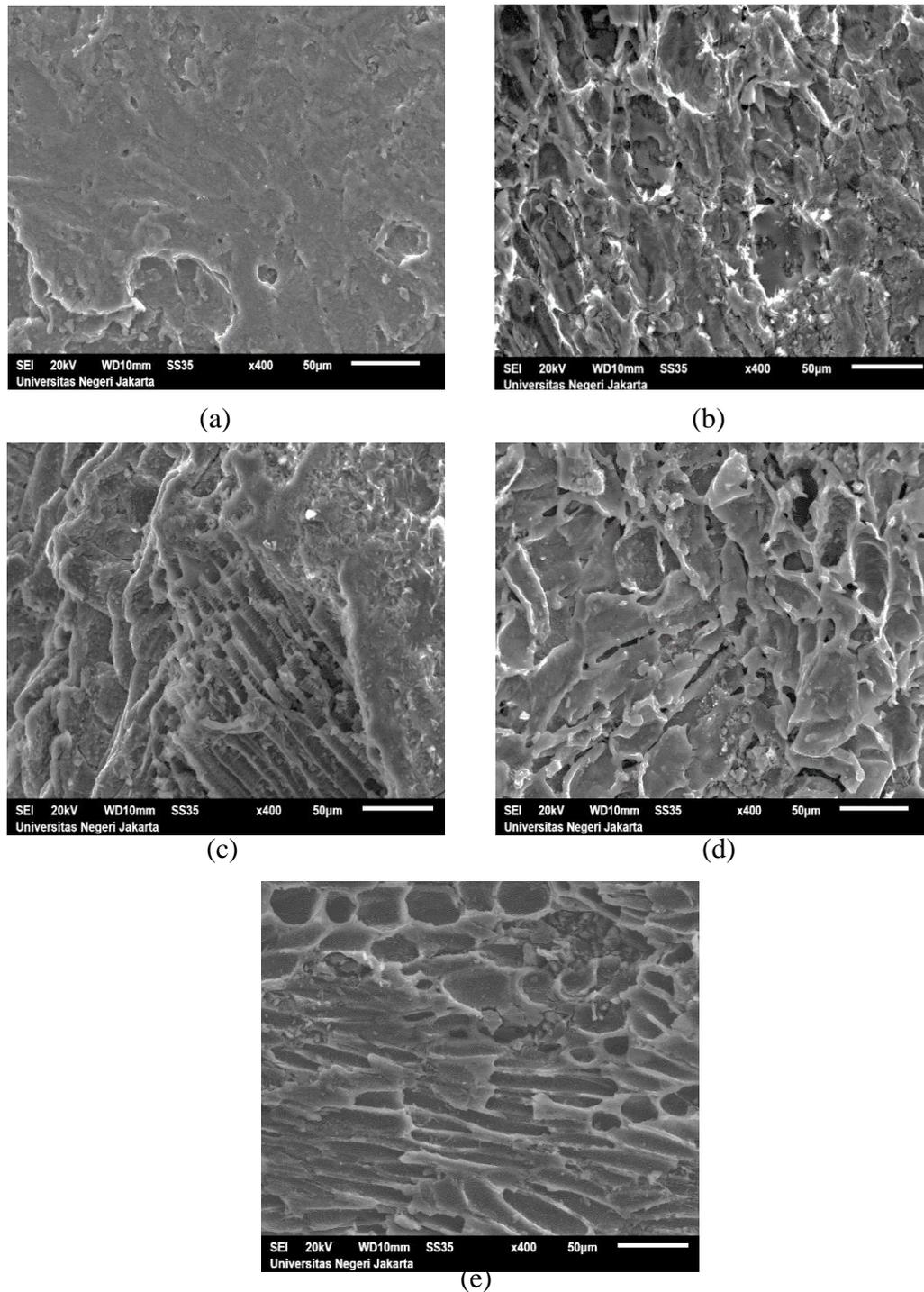
4.4 Hasil Pengujian Morfologi Pori Karbon Aktif

Permukaan karbon aktif dapat dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran dari pori karbon aktif. Selain itu, analisis SEM digunakan untuk mengetahui topografi karbon aktif yang meliputi analisis permukaan dan tekstur karbon aktif yang terbentuk. Morfologi dan topografi permukaan karbon aktif dilihat menggunakan SEM dimulai dengan perbesaran 400 kali, 1000 kali dan 2000 kali. Berikut hasil pengujian SEM sebagai berikut :

4.4.1 Perbesaran 400 kali

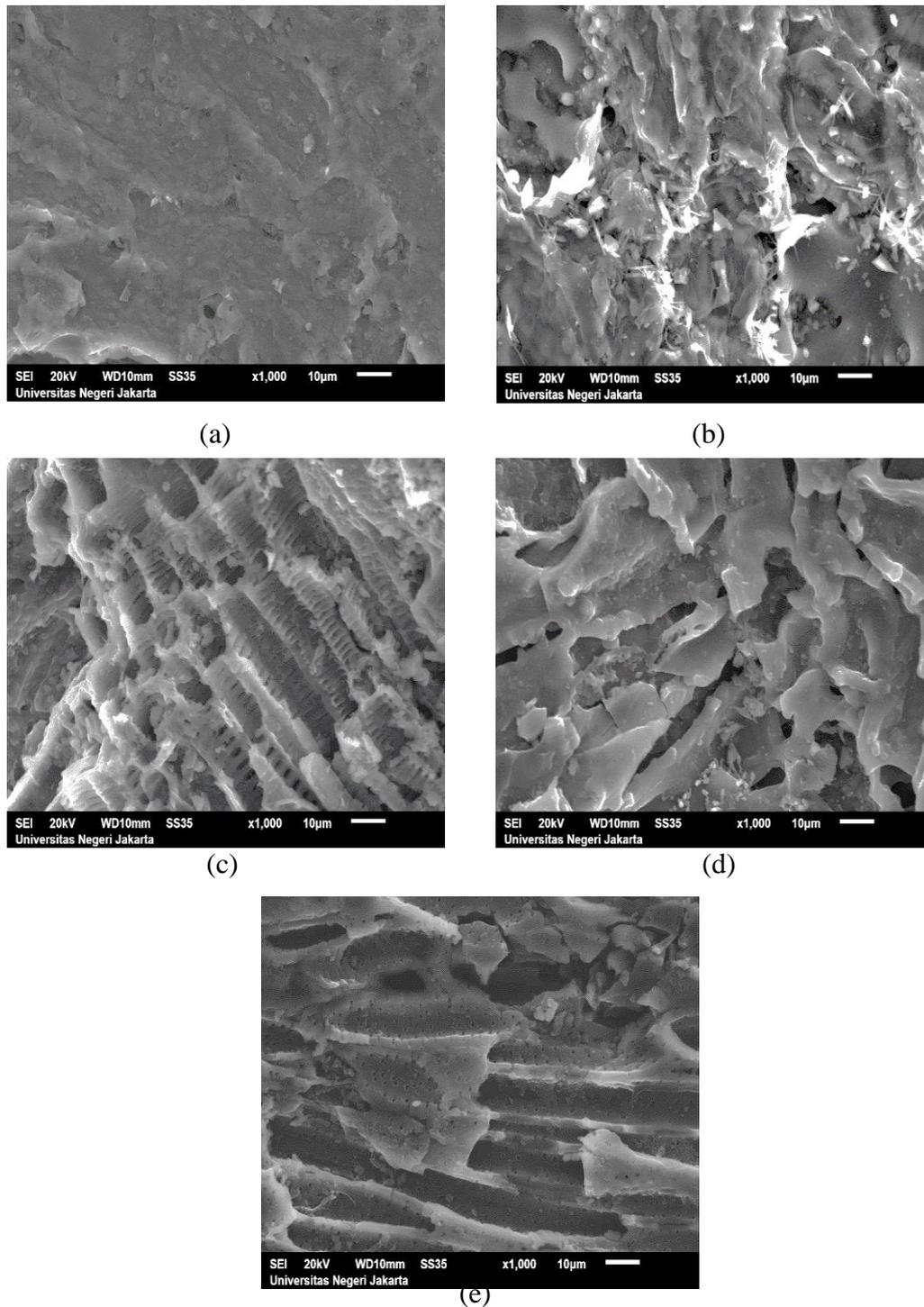
Pada gambar 13 merupakan permukaan satu buah sampel granul karbon aktif dengan perbesaran 400 kali. Dapat dilihat dari gambar (a) yaitu aktivasi dengan NaOH 1% terdapat beberapa sebaran pori yang tidak merata dan ukuran pori terlihat kecil. Pada gambar (b) dengan aktivasi NaOH 2% terbentuk beberapa sebaran pori namun terlihat banyak pengotor yang menutupi pori – pori tersebut. Pada gambar (c) yang diaktivasi dengan NaOH 4% posisi sampel granul miring saat pengujian SEM, terdapat beberapa sebaran pori yang cukup banyak dan merata serta bentuk ukuran pori cukup besar. Pada gambar (d) dengan aktivasi NaOH 7% terdapat beberapa sebaran pori bentuk ukuran porinya kecil dan persebarannya

merata. Pada gambar (e) dengan aktivasi NaOH 11% terlihat sebaran pori yang banyak dan merata serta bentuk ukuran porinya besar.



Gambar 13. Hasil SEM dengan perbesaran 400 kali :
(a) NaOH 1% ; (b) NaOH 2% ; (c) NaOH 4% ; (d) NaOH 7% ; (e) NaOH 11%

4.4.2 Perbesaran 1000 kali



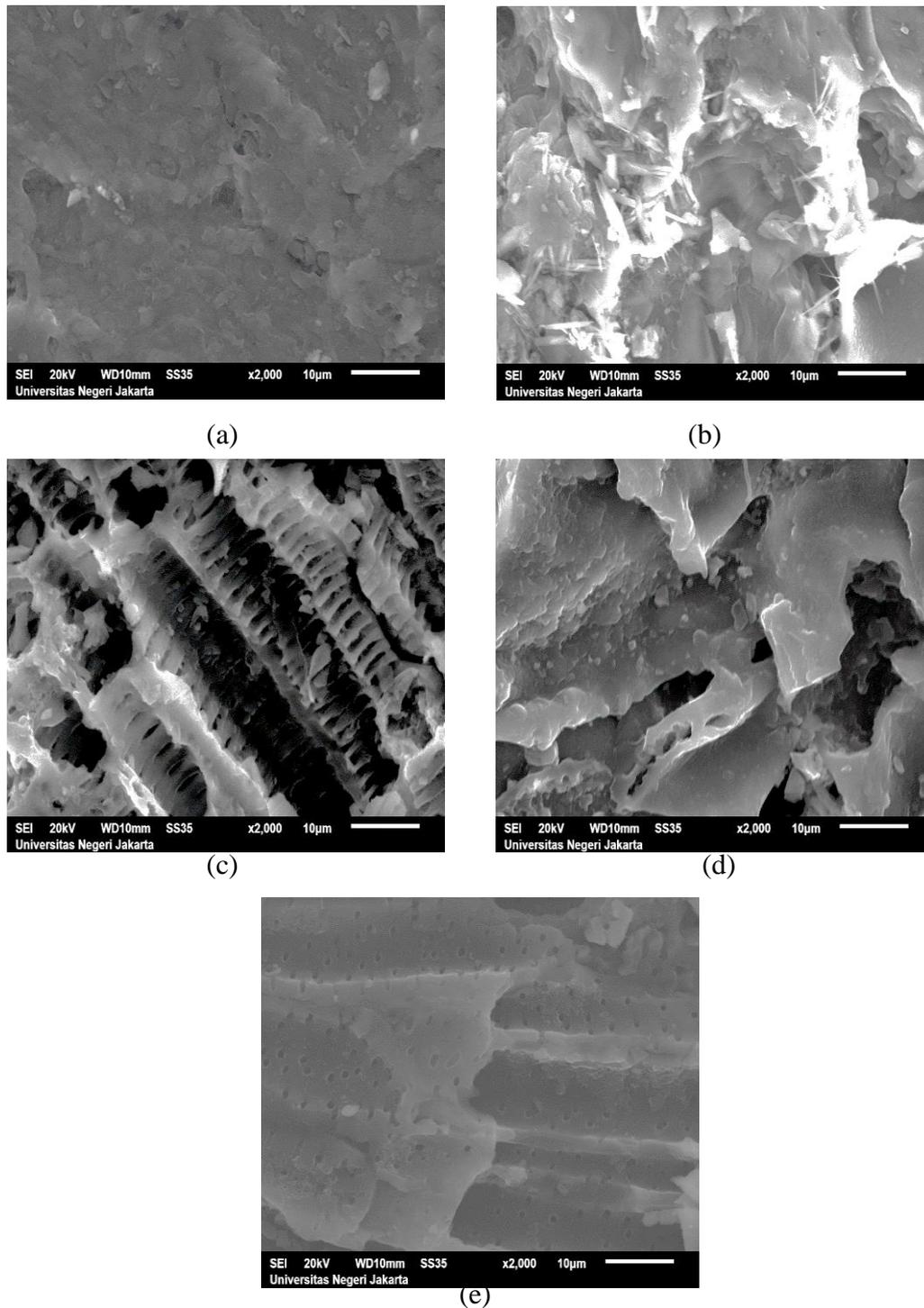
Gambar 14. Hasil SEM dengan perbesaran 1000 kali :
(a) NaOH 1% ; (b) NaOH 2% ; (c) NaOH 4% ; (d) NaOH 7% ; (e) NaOH 11%

Pada gambar 14 merupakan permukaan satu buah sampel granul karbon aktif dengan perbesaran 1000 kali. Pada perbesaran ini ukuran pori sudah dapat diperkirakan. Dapat dilihat dari gambar (a) yaitu aktivasi. Dapat dilihat dari gambar (a) dengan aktivasi NaOH 1% bentuk ukuran pori tidak besar dan persebarannya cukup merata. Pada gambar (b) dengan aktivasi NaOH 2% bentuk ukuran pori tidak begitu besar tetapi sebarannya tidak merata dan tertutup pengotor. Pada gambar (c) dengan aktivasi NaOH 4% terlihat di dalam pori yang sudah terbentuk terdapat kerusakan dibagian dalam pori. Sedangkan pada gambar (d) dengan aktivasi NaOH 7% terdapat bentuk pori yang cukup besar namun sangat sedikit. Gambar (e) yang diaktivasi dengan NaOH 11% terlihat bentuk pori yang kecil tetapi terdistribusi sangat merata. Jika dilihat dari skala pada gambar 14, karbon aktif dalam penelitian ini memiliki ukuran pori diatas rata – rata $< 10\mu\text{m}$.

4.4.3 Perbesaran 2000 kali

Pada gambar 15 merupakan permukaan satu buah sampel granul karbon aktif dengan perbesaran 2000 kali. Dapat dilihat dari gambar (a) dengan aktivasi NaOH 1% semakin terlihat ukuran pori yang terbentuk tidak begitu besar. Pada gambar (b) dengan aktivasi NaOH 2% semakin terlihat permukaan karbon aktif tidak rata dan terdapat banyak pengotor yang mungkin disebabkan oleh soda abu (Na_2CO_3) yang diakibatkan dari reaksi NaOH dan karbon. Pada gambar (c) dengan aktivasi NaOH 4% terlihat bentuk pori yang memanjang dan tersebar merata. Pada gambar (d) dengan aktivasi NaOH 7% terlihat ukuran pori yang terbentuk cukup

besar. Sedangkan pada gambar (e) dengan aktivasi NaOH 11% semakin terlihat sebaran pori yang banyak dan merata serta bentuk ukuran pori yang kecil.



Gambar 15. Hasil SEM dengan perbesaran 2000 kali :
(a) NaOH 1% ; (b) NaOH 2% ; (c) NaOH 4% ; (d) NaOH 7% ; (e) NaOH 11%

4.5 Hasil Pengujian Kandungan Unsur Karbon Aktif

Kandungan unsur dan senyawa yang terkandung dalam karbon aktif dapat dilihat menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Berikut hasil pengujian EDS sebagai berikut :

4.5.1 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 1%

Dari hasil pengujian EDS terlihat bahwa kandungan karbon dalam karbon aktif yang di aktivasi NaOH 1% cukup besar yaitu 86.89%. Selain itu terdapat kandungan natrium yang cukup kecil sebesar 0.57%, hal ini dapat disebabkan saat pencucian setelah aktivasi kimia kurang bersih dan saat pemanasan dalam tungku ada sedikit natrium yang tidak menguap. Meskipun terdapat kandungan kalium namun jumlahnya sangat sedikit hanya 0.31%, unsur kalium ini berasal dari komposisi kimia utama dari arang tempurung kelapa. Unsur oksigen yang dihasilkan karena % error oksigen lebih besar dari 1% maka dapat dikatakan bahwa terdapat oksigen ketika pengujian berlangsung. Namun, nilai kandungan oksigen yang tinggi dapat berasal dari komposisi kimia utama dari arang tempurung kelapa.

Tabel 10. Hasil pengujian EDS NaOH 1%

Unsur	Massa (%)	Error (%)
Karbon (C)	86.89	0.36
Oksigen (O)	12.22	2.64
Natrium (Na)	0.57	0.35
Kalium (K)	0.31	0.33
Total	100	

4.5.2 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 2%

Dari tabel 11 terlihat bahwa kandungan karbon dalam karbon aktif yang di aktivasi NaOH 2% lebih kecil dibandingkan dengan NaOH 1% yaitu 79.93%. Hal ini dapat disebabkan permukaan karbon yang tidak rata dan banyak pengotor yang mungkin disebabkan oleh soda abu (Na_2CO_3) yang diakibatkan dari reaksi NaOH dan karbon. Selain itu terdapat kandungan natrium yang cukup besar sebesar 1.28%, hal ini dapat disebabkan saat pencucian setelah aktivasi kimia tidak bersih dan saat pemanasan dalam tungku terdapat natrium yang tidak menguap. Meskipun terdapat kandungan kalium namun jumlahnya sangat sedikit hanya 0.54% yang berasal dari komposisi kimia utama dari arang tempurung kelapa. Sedangkan unsur oksigen berasal dari komposisi kimia utama dari arang tempurung kelapa dan alat SEM karena nilai error pada unsur oksigen lebih dari 1%.

Tabel 11. Hasil pengujian EDS NaOH 2%

Unsur	Massa (%)	Error (%)
Karbon (C)	79.93	0.37
Oksigen (O)	18.24	2.84
Natrium (Na)	1.28	0.36
Kalium (K)	0.54	0.34
Total	100	

4.5.3 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 4%

Berdasarkan tabel 12 hasil pengujian EDS terlihat bahwa kandungan karbon dalam karbon aktif yang di aktivasi NaOH 4% lebih kecil dibandingkan dengan NaOH 2% hanya 75.94%. Hal ini dapat disebabkan masih adanya pori –

pori dan karbon yang tertutup oleh pengotor. Selain itu terdapat kandungan natrium yang besar yaitu 2.54%, hal ini disebabkan saat pencucian setelah aktivasi kimia tidak bersih dan saat pemanasan dalam tungku ada natrium yang tidak menguap. Kandungan kalium yang ada jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan NaOH 1% dan NaOH 2% yaitu 0.25%.

Tabel 12. Hasil pengujian EDS NaOH 4%

Unsur	Massa (%)	Error (%)
Karbon (C)	75.94	0.31
Oksigen (O)	21.73	1.53
Natrium (Na)	2.54	0.26
Kalium (K)	0.25	0.25
Total	100	

4.5.4 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 7%

Sesuai hasil pengujian EDS terlihat bahwa kandungan karbon dalam karbon aktif yang di aktivasi NaOH 7% sangat besar dibandingkan dengan NaOH 1%, 2%, dan 4% yaitu 95.26%. Semakin banyak kandungan karbon yang ada akan mengakibatkan semakin meningkat kemampuan adsorpsi dari karbon aktif sehingga semakin baik kualitas karbon aktif tersebut. Selain itu tidak terdapat kandungan natrium, hal ini menunjukkan saat pencucian setelah aktivasi kimia telah bersih dan saat pemanasan dalam tungku natrium telah menguap semua, tetapi kandungan kalium yang ada jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan NaOH 1%, 2%, 4% yaitu 0.59%, unsur kalium dapat berasal dari komposisi kimia utama

dari arang tempurung kelapa dan diharapkan hal ini tidak terlalu mempengaruhi kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi logam berat.

Tabel 13. Hasil pengujian EDS NaOH 7%

Unsur	Massa (%)	Error (%)
Karbon (C)	95.26	0.38
Oksigen (O)	4.15	3.61
Natrium (Na)	-	-
Kalium (K)	0.59	0.39
Total	100	

4.5.5 Karbon Aktif dengan Aktivator NaOH 11%

Tabel 14. Hasil pengujian EDS NaOH 11%

Unsur	Massa (%)	Error (%)
Karbon (C)	88.90	0.37
Oksigen (O)	9.99	2.85
Natrium (Na)	0.44	0.36
Kalium (K)	0.67	0.34
Total	100	

Berdasarkan hasil pengujian EDS terlihat bahwa kandungan karbon dalam karbon aktif yang di aktivasi NaOH 11% cukup besar yaitu 88.90%. Semakin banyak kandungan karbon yang ada akan mengakibatkan semakin meningkat kemampuan adsorpsi karbon aktif untuk mengadsorpsi logam berat. Selain itu terdapat kandungan natrium yang cukup sedikit 0.44%, hal ini menunjukkan saat pencucian setelah aktivasi kimia kurang bersih dan saat pemanasan dalam tungku

terdapat natrium yang belum menguap, tetapi kandungan kalium yang ada jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan NaOH 1%, 2%, 4%, 7% yaitu 0.67%, unsur kalium dapat berasal dari komposisi kimia utama dari arang tempurung kelapa. Sedangkan unsur oksigen sebesar 9.99% berasal dari alat SEM yang digunakan saat pengujian, karena nilai error yang lebih besar dari 1%.

4.6 Hasil Pengujian Daya Adsorpsi

Setelah mendapatkan karbon aktif yang telah diaktivasi, selanjutnya membuktikan bahwa kualitas karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben logam berat pada limbah cair bekerja dengan baik. Pengujian filterisasi ini menggunakan cara kontinyu dan hasil filterisasi akan diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorbance Spectrophotometer*). Dari beberapa sampel karbon aktif yang telah dibuat, masing – masing sampel sebanyak 3 gram direndam dalam 15 ml limbah Cu dan Fe selama 4 jam dalam wadah tertutup. Kemudian dilakukan uji adsorpsi menggunakan cara kontinyu dengan mengalirkan limbah searah gravitasi ke bawah.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik hasil penyerapan logam Cu (tembaga) dan logam Fe (besi) pada larutan artificial Cu dan Fe, dimana larutan artificial adalah larutan induk buatan yang mempunyai kadar logam berat yang digunakan sebagai larutan kerja dengan kadar yang lebih rendah. Larutan artificial Cu dan Fe dibuat sebesar 5 ppm sebagai larutan induk. Hal ini dilakukan untuk memfokuskan hasil daya adsorpsi pada logam Cu dan Fe. Jika menggunakan limbah industri secara langsung dikhawatirkan banyak logam – logam berat lainnya

yang telah tercampur ataupun terkontaminasi dengan berbagai polutan yang sudah banyak dan sebaliknya dikhawatirkan pada limbah industri tersebut tidak mengandung logam Cu dan Fe.



(a)



(b)

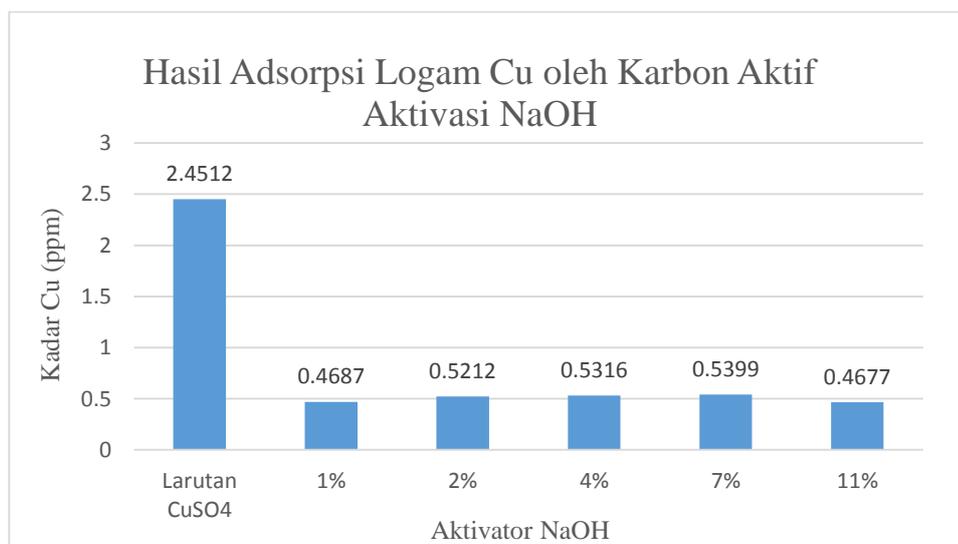
Gambar 16. Hasil filter : (a) limbah Cu ; (b) limbah Fe

4.6.1 Pengukuran Kandungan Logam Cu

Pengukuran kandungan logam Cu yang berasal dari limbah buatan granul Terusi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) atau tembaga (II) sulfat pentahidrat yang berwarna biru

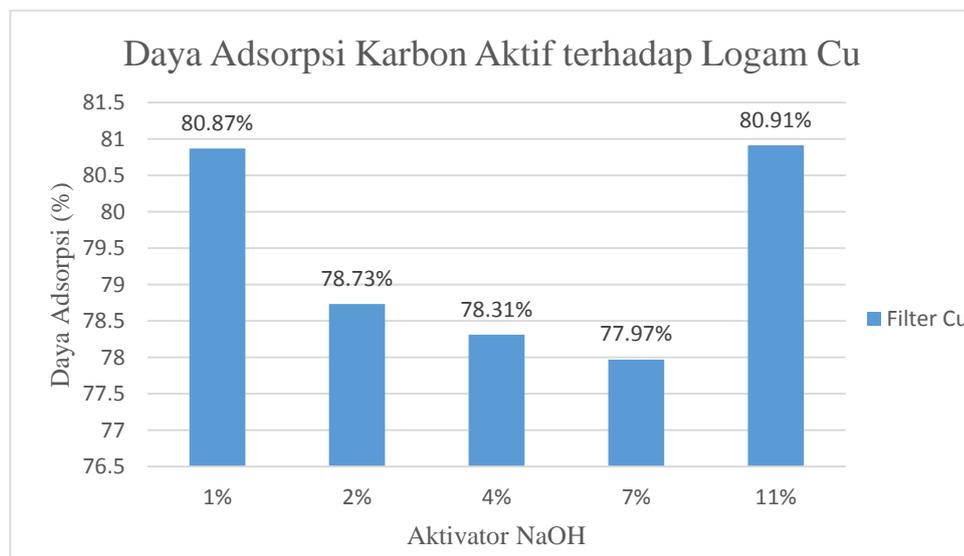
terang. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ merupakan senyawa hidrat, dimana hidrat adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya. Jika suatu senyawa hidrat dipanaskan, maka ada sebagian atau seluruh air kristalnya dapat dilepas (menguap). Jika suatu hidrat dilarutkan dalam air, maka air kristalnya akan lepas (Amalia dkk, 2014).

Setelah serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ diencerkan limbah buatan Cu tersebut berwarna bening. Ketika karbon aktif sebanyak 3 gram direndam dalam 15 ml limbah Cu selama 4 jam dalam wadah tertutup terjadi perubahan warna limbah Cu menjadi cokelat seperti pada gambar 16(a). Hal ini terjadi pada semua karbon aktif dengan aktivator NaOH 1%, 2%, 4%, 7% dan 11%. Perubahan warna diakibatkan adanya reaksi antara limbah Cu dengan sisa natrium yang berada dalam karbon aktif. Selain itu pada limbah tersebut juga timbul gelembung – gelembung gas. Gelembung gas ini terjadi karena adanya reaksi eksotermis yang ditandai dengan gelas kimia terasa panas saat karbon aktif direndam dalam limbah Cu buatan.



Gambar 17. Hasil adsorpsi logam Cu oleh karbon aktif aktivasi NaOH

Dari gambar 17 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang dibuat cukup baik sebagai adsorben logam Cu dan aktivator kimia NaOH menunjukkan zat aktivator kimia yang baik. Penambahan aktivator NaOH sangat mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif, dibandingkan dengan karbon aktif yang hanya diaktivasi secara fisika menggunakan temperatur 700°C , tekanan 15 kg.f/cm^2 dan waktu aktivasi 60 menit lalu larutan Cu simulasi yang difilter hanya menghasilkan daya adsorpsi sebesar 1.27% (Yani dkk, 2013). Dalam penelitian ini variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari gambar 17, penurunan konsentrasi limbah Cu yang telah difilter hanya memiliki sedikit perbedaan berkisar 0.05 – 0.07 ppm, dengan perbedaan yang sangat sedikit itu menunjukkan variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif.



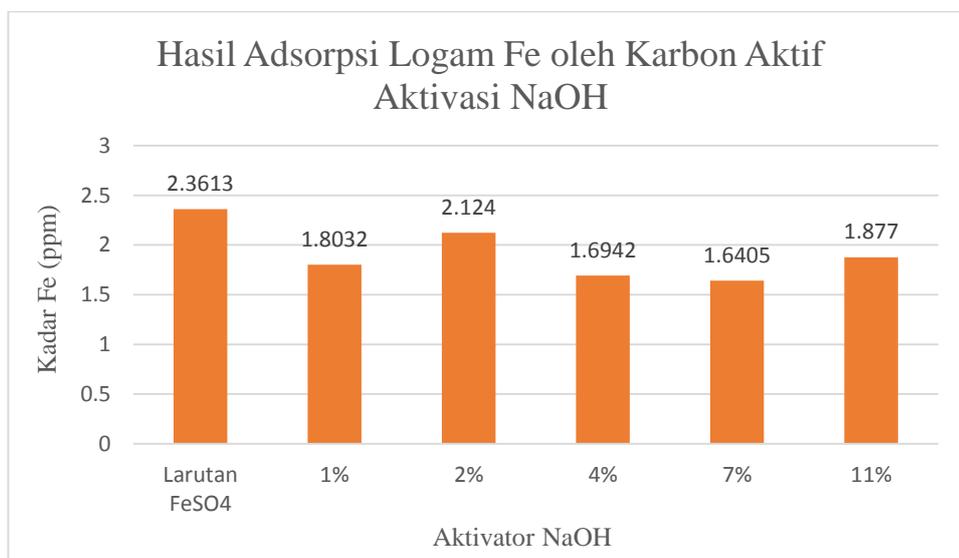
Gambar 18. Grafik persentase daya adsorpsi logam Cu

Dari gambar 18 dapat dilihat karbon aktif yang memiliki daya adsorpsi atau daya serap tertinggi berada pada karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 1% dan NaOH 11%. Pada karbon aktif NaOH 1% daya serap yang dihasilkan berkisar 80.87%. Karbon aktif ini memiliki kadar air 7.91%, rendemen 78.93%, kandungan karbon sebanyak 86.89% dan memiliki beberapa sebaran pori yang tidak merata dan ukuran pori yang kecil. Dibandingkan dengan karbon aktif NaOH 11% daya serap yang dihasilkan berkisar 80.91%, yang memiliki kadar air lebih tinggi dari NaOH 1% yaitu 8.68%, namun memiliki rendemen yang lebih tinggi sebesar 83.33%, kandungan karbon sebanyak 88.90% dan pori yang terbentuk kecil dan sebaran porinya sangat banyak dan terdistribusi merata. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak jumlah karbon aktif yang dihasilkan dan memiliki sebaran pori yang terdistribusi merata akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut. Dalam penelitian ini didapatkan karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 11%, secara menyeluruh logam Cu dapat teradsorpsi dengan baik karena batas maksimal logam Cu yang diizinkan di dalam air minum berdasarkan Peraturan Pemerintah Kesehatan RI No.416/MENKES/IX/1990 adalah 1.0 mg/l.

4.6.2 Pengukuran Kandungan Logam Fe

Pengukuran kandungan logam Fe berasal dari limbah buatan serbuk ferro sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) atau besi (II) sulfat yang berwarna biru hijau. Sama halnya

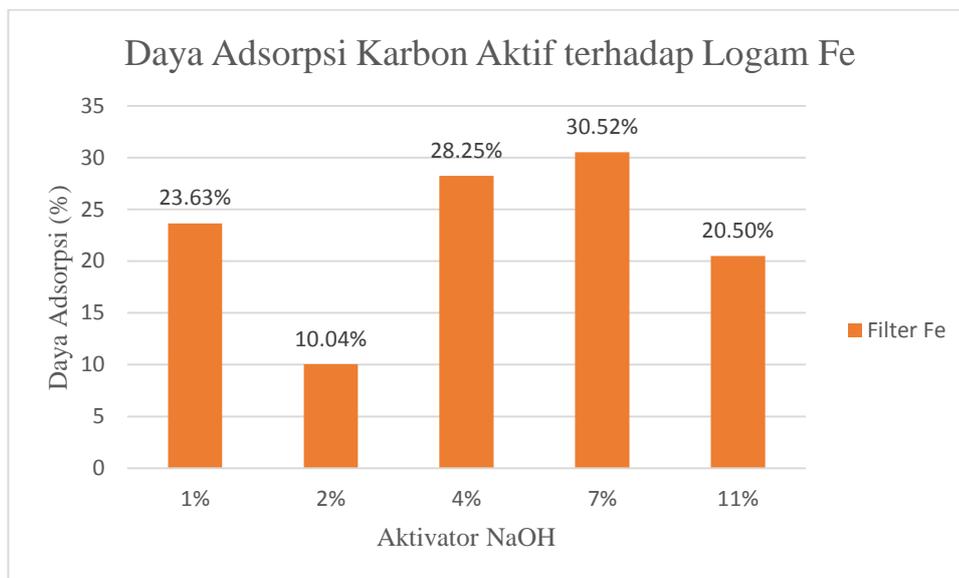
dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ juga merupakan senyawa hidrat. Setelah serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ diencerkan limbah buatan Fe tersebut berwarna orange. Ketika karbon aktif sebanyak 3 gram direndam dalam 15 ml limbah Fe selama 4 jam dalam wadah tertutup terjadi perubahan warna limbah Fe menjadi cokelat seperti pada gambar 16(b), hal ini terjadi pada semua karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator. Perubahan warna diakibatkan adanya reaksi antara limbah Fe dengan sisa natrium yang berada dalam karbon aktif. Selain itu pada limbah tersebut juga timbul gelembung – gelembung gas. Gelembung gas ini terjadi karena adanya reaksi eksotermis sama seperti pada limbah Cu.



Gambar 19. Hasil adsorpsi logam Fe oleh karbon aktif aktivasi NaOH

Dari gambar 19 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang dibuat tidak cukup baik sebagai adsorben logam Fe. Penambahan aktivator NaOH sedikit mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif, tetapi variasi konsentrasi NaOH tidak

mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif. Penurunan konsentrasi limbah Fe yang telah difilter hanya memiliki sedikit perbedaan berkisar 0.2 – 0.4 ppm, dengan perbedaan yang sangat sedikit itu menunjukkan variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif.



Gambar 20. Grafik persentase daya adsorpsi logam Fe

Dari gambar 20 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan NaOH untuk mengadsorpsi logam Fe memiliki daya adsorpsi lebih rendah dari pada mengadsorpsi logam Cu. Hal ini disebabkan serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan sebagai limbah Fe cepat mengendap, karena memiliki kelarutan dalam air yang rendah yaitu 32.8 gr/100L sedangkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mempunyai kelarutan yang sangat tinggi yaitu 2033 gr/100L. Ditinjau dari berat molekul, FeSO_4 memiliki berat molekul lebih besar dibandingkan dengan CuSO_4 . Untuk berat molekul FeSO_4 adalah 278.02 g/mol dan CuSO_4 sebesar 159.61 g/mol (Ichsan,

2010). Dikarenakan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ mudah mengendap seharusnya dilakukan pengadukan agar larutan limbah Fe buatan tersebut tidak mengendap, namun pada proses filterisasi dalam penelitian ini tidak dilakukan pengadukan sehingga limbah Fe tidak larut merata dan menyebabkan karbon aktif tidak dapat mengadsorpsi logam Fe dengan baik.

Sesuai gambar 20 dapat dilihat karbon aktif yang memiliki daya adsorpsi atau daya serap tertinggi berada pada karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 4% dan NaOH 7%. Pada karbon aktif NaOH 4% daya serap yang dihasilkan berkisar 28.25%. Karbon aktif ini memiliki kadar air 4.75%, rendemen 78.93%, kandungan karbon sebanyak 75.94% dan pori yang cukup banyak dan merata serta bentuk ukuran porinya yang terlihat cukup besar. Dibandingkan dengan karbon aktif NaOH 7% daya serap yang dihasilkan berkisar 30.52%, yang memiliki kadar air lebih rendah dari NaOH 4% yaitu 4.73%, namun memiliki rendemen yang lebih tinggi sebesar 79.84%, kandungan karbon sebanyak 95.26% dan sebaran pori terbentuk cukup banyak dan merata, ukuran pori juga terlihat cukup besar meskipun hanya sedikit pori yang terlihat.

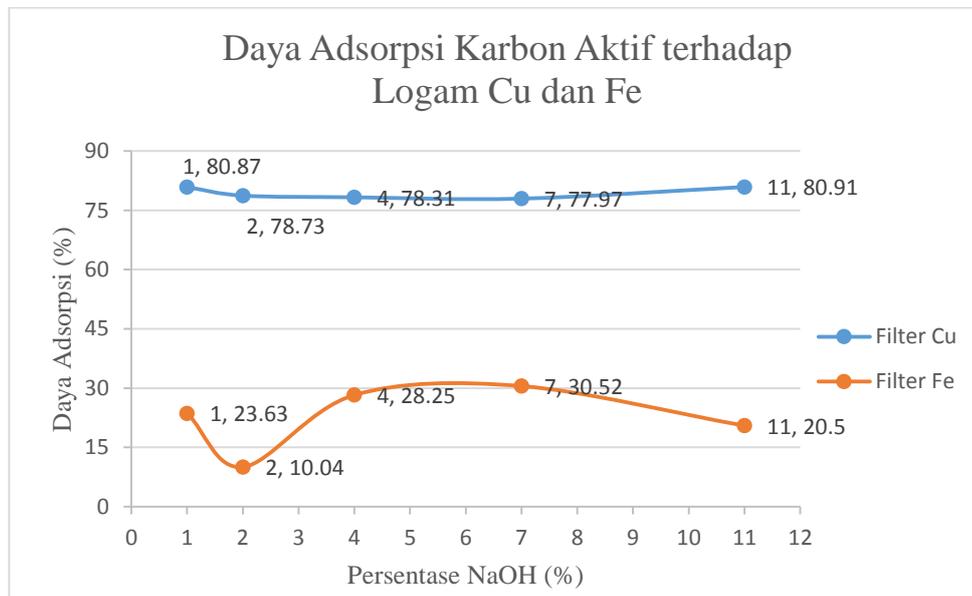
Dalam penelitian ini didapatkan karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Fe adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 7%, meskipun secara keseluruhan logam Fe tidak teradsorpsi dengan baik karena menurut Peraturan Pemerintah Kesehatan RI No.416/MENKES/IX/1990 kadar maksimum Fe dalam air minum adalah 0.3 mg/l.

4.7 Rangkuman Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan maka dapat dirangkum sebagai berikut :

Tabel 15. Rangkuman data hasil penelitian

NaOH	Kadar Air (%)		Rendemen (%)		Morfologi Pori	Kandungan Unsur (%)	Daya Adsorpsi (%)	
	Untuk Filter Cu	Untuk Filter Fe	Untuk Filter Cu	Untuk Filter Fe			Logam Cu	Logam Fe
1%	7.91	6.34	78.93	74.96	sebaran pori yang tidak merata dan ukuran pori kecil	C = 86.89	80.87	23.63
						O = 12.22		
						Na = 0.57		
						K = 0.31		
2%	6.66	6.15	75.85	72.94	ada beberapa sebaran pori tapi terlihat banyak pengotor yang menutupi pori - pori tersebut	C = 79.93	78.73	10.04
						O = 18.24		
						Na = 1.28		
						K = 0.54		
4%	4.75	4.75	77.39	78.93	ada beberapa sebaran yang cukup banyak dan merata serta bentuk ukuran pori yang besar	C = 75.94	78.31	28.25
						O = 21.73		
						Na = 2.54		
						K = 0.25		
7%	6.52	4.73	77.68	79.84	ada beberapa sebaran pori yang ukurannya kecil dan persebarannya merata	C = 95.26	77.97	30.52
						O = 4.15		
						Na = 0		
						K = 0.59		
11%	8.68	8.68	83.33	69.05	sebaran pori yang banyak dan merata dan ukuran porinya kecil	C = 88.90	80.91	20.5
						O = 9.99		
						Na = 0.44		
						K = 0.67		



Gambar 21. Grafik persentase daya adsorpsi logam Cu dan Fe

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 11%, daya serap yang dihasilkan adalah 80.91%, kadar air sebesar 8.689%, rendemen sebesar 83.33%, dan kandungan karbon sebanyak 88.90%. Sedangkan karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Fe adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 7%, daya serap yang dihasilkan adalah 30.52%, kadar air sebesar 4.738%, rendemen sebesar 79.84%, dan kandungan karbon sebanyak 95.26%.

Semakin banyak jumlah karbon aktif yang dihasilkan dan kadar air yang rendah serta memiliki sebaran pori yang terdistribusi merata akan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi karbon aktif maka semakin baik kualitas karbon aktif tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan aktivator NaOH pada aktivasi kimia mempengaruhi morfologi dan tekstur pori karbon aktif tempurung kelapa yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan SEM morfologi yang terbentuk paling baik terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 11% karena pori yang terbentuk kecil dan sebaran porinya sangat banyak dan terdistribusi merata.
2. Penambahan aktivator NaOH mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif, tetapi variasi konsentrasi NaOH tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karbon aktif.
3. Semakin banyak jumlah karbon aktif yang dihasilkan dan kadar air yang rendah serta memiliki sebaran pori yang terdistribusi merata akan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi karbon aktif maka semakin baik kualitas karbon aktif tersebut.
4. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Cu adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 11%, daya serap yang dihasilkan adalah 80.91%, kadar air sebesar 8.689%, rendemen sebesar 83.33%, dan kandungan karbon sebanyak 88.90%.

5. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui karbon aktif yang paling baik kualitasnya sebagai adsorben limbah Fe adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 7%, daya serap yang dihasilkan adalah 30.52%, kadar air sebesar 4.738%, rendemen sebesar 79.84%, dan kandungan karbon sebanyak 95.26%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis menyarankan :

1. Dalam pembentukan granul arang tempurung kelapa, bongkahan arang tempurung kelapa sangat keras untuk dihancurkan sehingga harus memperhatikan ukuran granul arang tempurung kelapa agar ukurannya hampir sama semua.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui karakterisasi karbon aktif yang lebih dalam seperti uji porositas, densitas, kadar abu, berat jenis, daya serap iodin, dll.
3. Sebaiknya dilakukan pengadukan agar larutan limbah tersebut tidak mengendap dan terlarut merata dan menyebabkan karbon aktif dapat mengadsorpsi logam berat dengan baik.
4. Memperhatikan suhu, waktu aktivasi dan variasi konsentrasi yang lebih tepat agar mendapatkan karbon aktif yang paling optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya dkk. 2015. *Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa untuk Mereduksi Warna dan Permanganat Value dari Limbah Cair Industri Batik*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Amalia dkk. 2014. *Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator H₂O sebagai Adsorben*. JOM FMIPA Volume 1, 2 Oktober 2014.
- Ari Budiono, dkk. 2009. *Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat Untuk Adsorpsi*. Skripsi Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro.
- Bernadeta Dwi Pramita Yuniarti, dkk. 2013. *Prosiding SNF: Analisis Morfologi Pori Karbon Aktif Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Dengan Variasi Tekanan Gas Argon (Ar)*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Chodijah, S., *Pemanfaatan Arang Batok Kelapa dan Batubara sebagai Karbon Aktif untuk Material Penyimpan Hidrogen*. Fakultas Teknik Program Studi Metalurgi dan Material Kekhususan Korosi dan Perlindungan Logam. 2011, Universitas Indonesia: Depok. p. 76.
- Danarto, YC. 2008. *Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi Pada Proses Adsorpsi Logam Cr (VI)*. Surakarta: UNS Surakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta. UI – Press.
- Dwi Imaratul dan Bambang Kuswandi. 2002. *Penentuan Ion Cu (II) dalam Sampel Air Secara Spektrofotometer Berbasis Reagen Kering*. Jurnal Ilmu Dasar 3(2)(2002)86-91.
- Esmar Budi. 2011. *Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar*. Jurnal Penelitian Sains FMIPA Unsri. Vol. 14, No. 4(2011), pp. 14406-25.

- Esmar Budi, dkk. 2012. *Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung*. Seminar Nasional Fisika 2012. FMIPA UNJ (Seminar Nasional Fisika, Jakarta 9 Juni 2012).
- 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*. ICTAP UM Malang.
- 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.
- Fatriani, S.Hut,MP. 2009. *Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Arang Aktif Tempurung Kelapa terhadap Kadar Fe dan pH Air Gambut*. Laporan Hasil Penelitian, Fakultas Kehutanan, Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Universitas Lambung Mangkurat.
- Gotipatti, 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.
- Harianti. 2012. *Adsorpsi Ion Cd^{2+} dan Cr^{6+} pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Hernández, Virginia. 2012. *Lignocellulosic Precursors Used in the Synthesis of Activated Carbon - Characterization Techniques and Applications in the Wastewater Treatment*. InTech Europe.
- Ichsan. 2010. *Perancangan Pabrik Ferro Sulfat Heptahidrat dari Besi dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 25.000 Ton per Tahun*. Surakarta : Universitas Muhammdiyah Surakarta.

- Latifan, Rio. 2013. *Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktivasi Fisika Sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Surabaya: Jurnal Teknik Material dan Metalurgi Vol. 1, No. 1, (2012) 1-6.
- Manocha, S. M. 2003. *Porous Carbons*. India: Journal Sadhana. Vol 28, parts 1 & 2.
- Maslukah, Lilik. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat Semarang*. Bogor : Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Pangesti. Y. D, dkk. 2014. *Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (Pachyrhizus erosus) dimodifikasi Secara Heat Moisture Treatment (HMT) dengan Variasi Suhu*. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Jurnal Teknosains Pangan Vol 3 No. 3 Juli 2014.
- Radika, Rangga.2010. *Manfaat Arang*. Bandar Lampung : Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.
- Santiyo dkk. 2009. *Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum Linn)*. Jurnal. Has. Hut 2009.
- Sawarni, 1989, *Pengaruh Jenis Bahan Baku, Suhu dan Waktu Aktivasi Terhadap Mutu dan Rendemen Karbon Aktif Hasil Aktivasi "Steam"*, Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Sembiring, M.T., Sinaga T.S., 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatera Utara : Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Setiaji, 2006. *Bahan Sosialisasi Manfaat dan Kegunaan Tanaman Kelapa*. Yogyakarta : PT. Coco Power.
- Singih Hartanto dan Ratnawari. 2010. *Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit terhadap Kuantitas dan Kualitas Asap Cair*. Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 12, No. 1, Hal : 7-11, Oktober 2010.

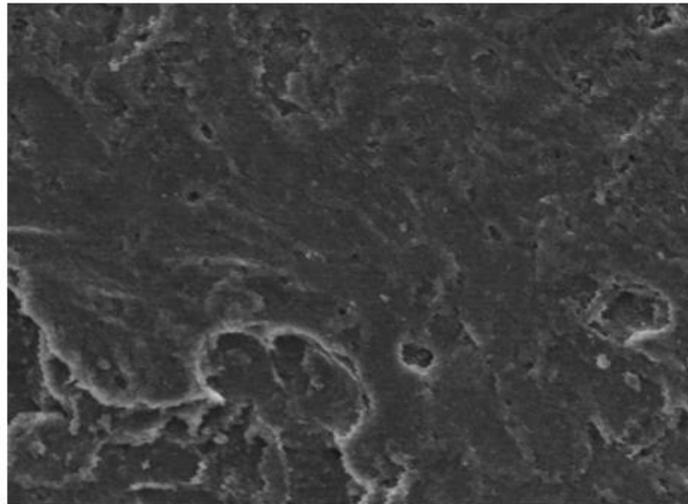
- Subadra, I., Bambang S., dan Iqmal T., 2005, *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator (NH₄)HCO₃ sebagai Adsorben untuk Pemurnian Virgin Coconut Oil*, Skripsi jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Sudaryanto, dkk. 2006. *High Surface Area Activated Carbons Prepared from Cassava Peel by Chemical Activation*. *Journal of Bioresource Technology*, Vol. 97, No. 5, pp. 734-739.
- Sudrajat dan Pari. 2011. *Arang Aktif : Teknologi Pengolahan dan Masa depannya*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutan RI.
- Suhartana, 2006. *Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan*. Vol. 9, No. 3 Juli 2006, hal. 151-156, ISSN : 1410 – 9662, UNDIP, Semarang.
- 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.
- Tarigan. 2003. *Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut dan Sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan*. *MAKARA, Sains*, Vol. 7, 3 Desember 2003.
- Triyana, M. dan Sarma, T. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sumatra Utara.
- Xiangtao Wang, dkk. 2012. *Nanomaterials as Sorbents to Remove Heavy Metal Ions in Wastewater Treatment*. *Jurnal environmental & Analytical Toxicology*.
- Yani Nurmayatri, dkk. 2013. *Prosiding SNF: Morfologi Pori Karbon Aktif Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Dengan Variasi Temperatur Aktivasi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

LAMPIRAN 1

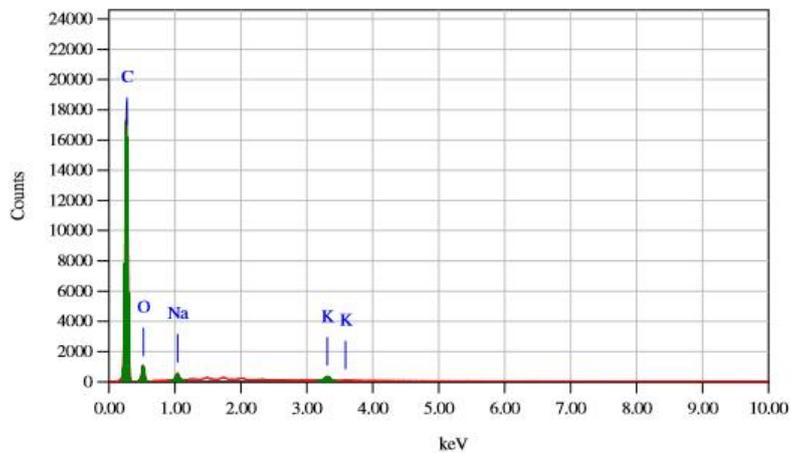
Hasil EDS Karbon Aktif dengan Aktivasi NaOH 1%

NaOH 1%

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 400
Date	: 2015/05/21
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T3
Real Time	: 59.84 sec
Live Time	: 50.00 sec
Dead Time	: 16 %
Counting Rate	: 3114 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.8732

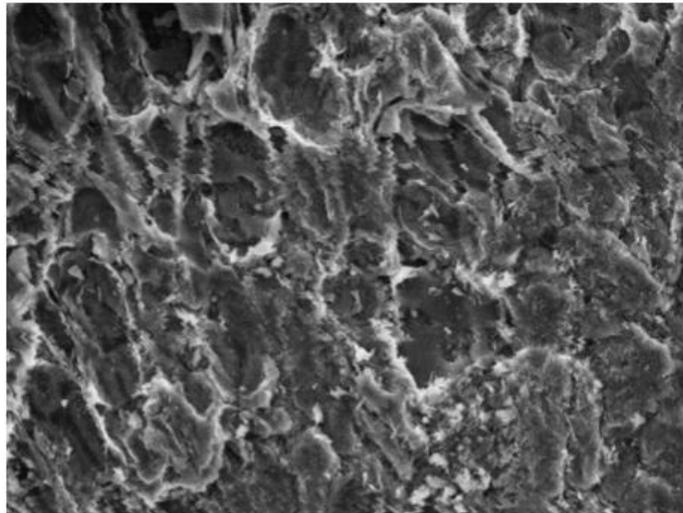
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atoms%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	86.89	0.36	90.08				94.0533
O K	0.525	12.22	2.64	9.51				4.9264
Na K	1.041	0.57	0.35	0.31				0.5723
K K	3.312	0.31	0.33	0.10				0.4481
Total		100.00		100.00				

LAMPIRAN 2

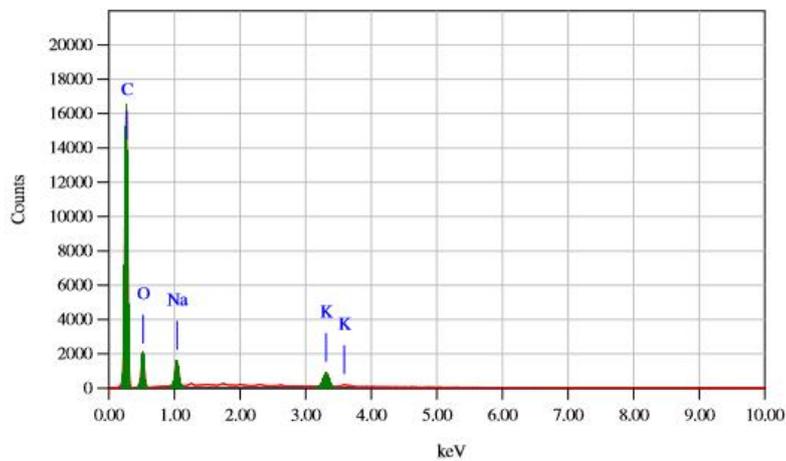
Hasil EDS Karbon Aktif dengan Aktivasi NaOH 2%

NaOH 2%

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 400
Date	: 2015/05/22
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter
 Instrument : 6510(LA)
 Acc. Voltage : 20.0 kV
 Probe Current: 1.00000 nA
 PHA mode : T3
 Real Time : 59.61 sec
 Live Time : 50.00 sec
 Dead Time : 16 %
 Counting Rate: 3294 cps
 Energy Range : 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.7861

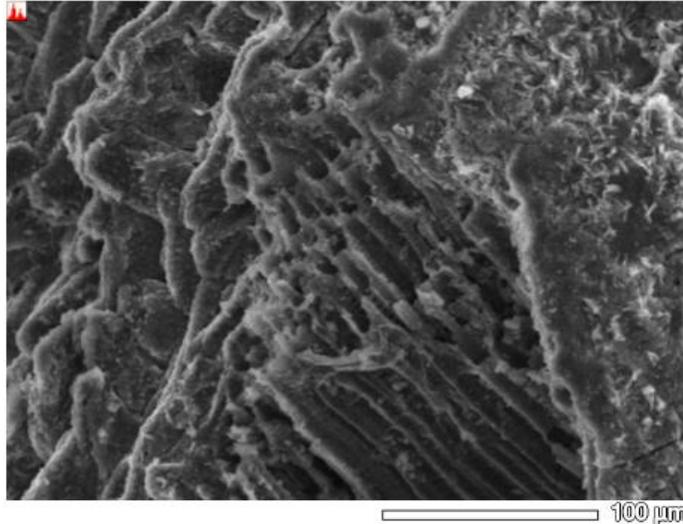
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atoms%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	79.93	0.37	90.08				94.9455
O K	0.525	18.24	2.84	9.51				3.7077
Na K	1.041	1.28	0.36	0.31				0.4298
K K	3.312	0.54	0.34	0.10				0.9171
Total		100.00		100.00				

LAMPIRAN 3

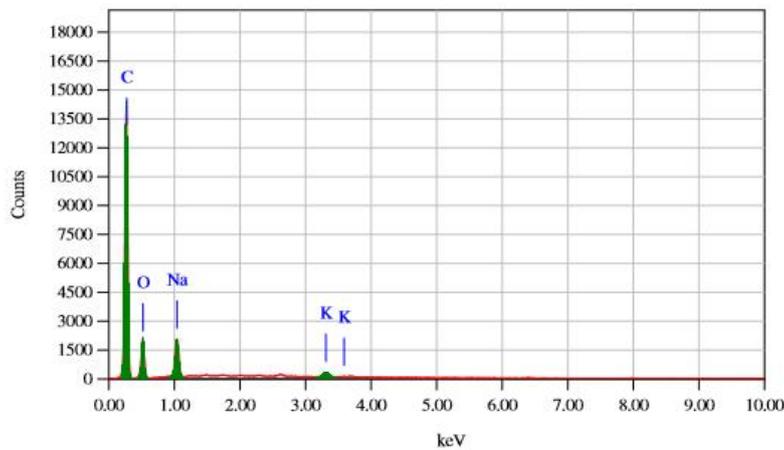
Hasil EDS Karbon Aktif dengan Aktivasi NaOH 4%

NaOH 4%

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 400
Date	: 2015/05/20
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T3
Real Time	: 59.12 sec
Live Time	: 50.00 sec
Dead Time	: 15 %
Counting Rate	: 3195 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.7761

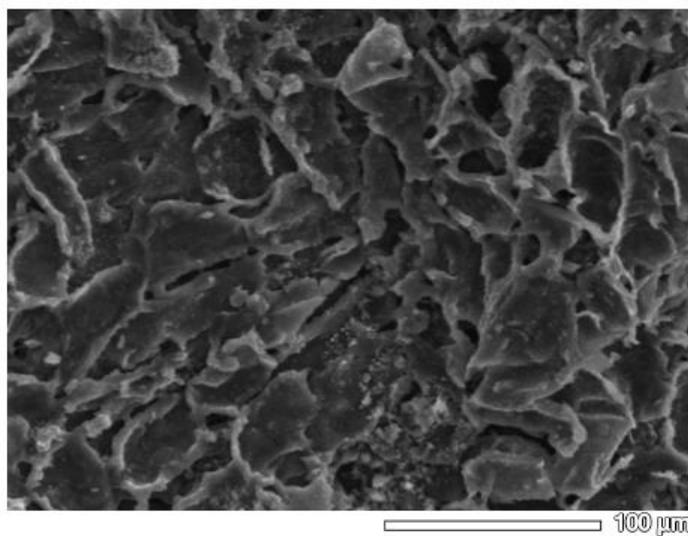
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atoms%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	75.947	0.31	80.99				83.5274
O K	0.525	21.73	1.53	17.51				13.0302
Na K	1.041	2.54	0.26	1.43				3.0045
K K	3.312	0.25	0.25	0.08				0.4379
Total		100.00		100.00				

LAMPIRAN 4

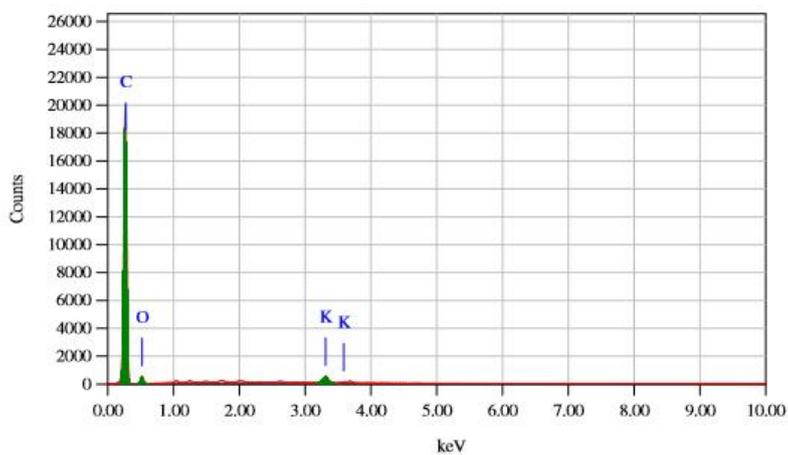
Hasil EDS Karbon Aktif dengan Aktivasi NaOH 7%

NaOH 7%

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 400
Date	: 2015/05/20
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T3
Real Time	: 59.48 sec
Live Time	: 50.00 sec
Dead Time	: 15 %
Counting Rate	: 3310 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.8880

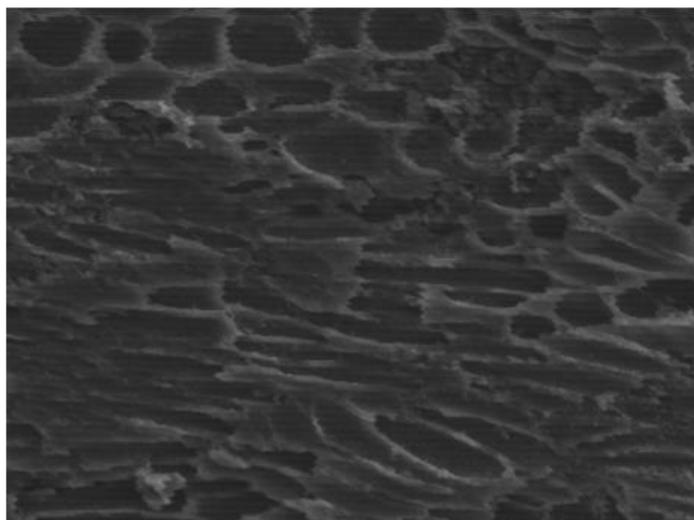
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atoms%	Compound	Mass%	Cantion	K
C K	0.277	95.26	0.38	96.65				98.0670
O K	0.525	4.15	3.61	3.16				1.2286
K K	3.312	0.59	0.39	0.18				0.7043
Total		100.00		100.00				

LAMPIRAN 5

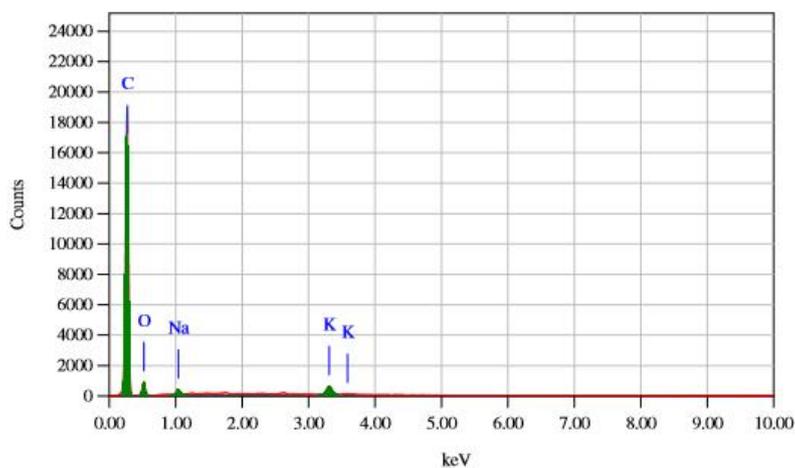
Hasil EDS Karbon Aktif dengan Aktivasi NaOH 11%

NaOH 11%

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 400
Date	: 2015/05/25
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter
 Instrument : 6510(LA)
 Acc. Voltage : 20.0 kV
 Probe Current: 1.00000 nA
 PHA mode : T3
 Real Time : 59.77 sec
 Live Time : 50.00 sec
 Dead Time : 16 %
 Counting Rate: 3137 cps
 Energy Range : 0 - 20 keV

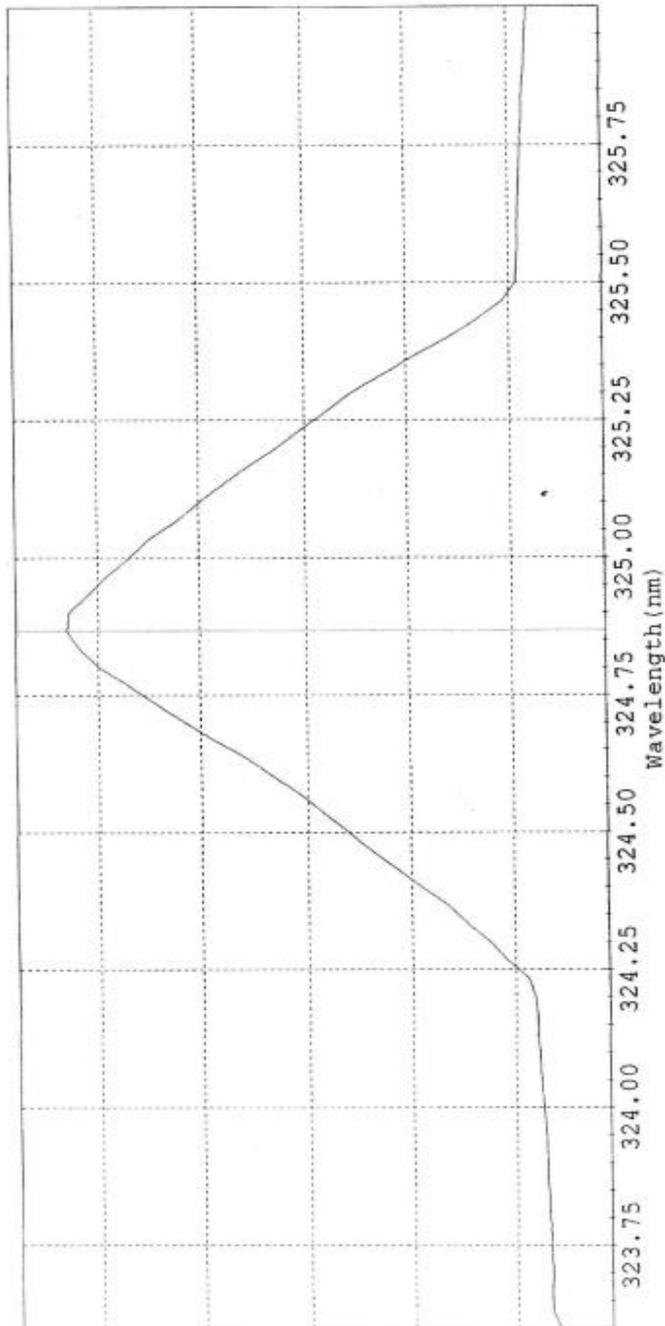
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.8651

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atoms%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	88.90	0.37	91.80				94.9455
O K	0.525	9.99	2.85	7.75				3.7077
Na K	1.041	0.44	0.36	0.24				0.4298
K K	3.312	0.67	0.34	0.21				0.9171
Total		100.00		100.00				

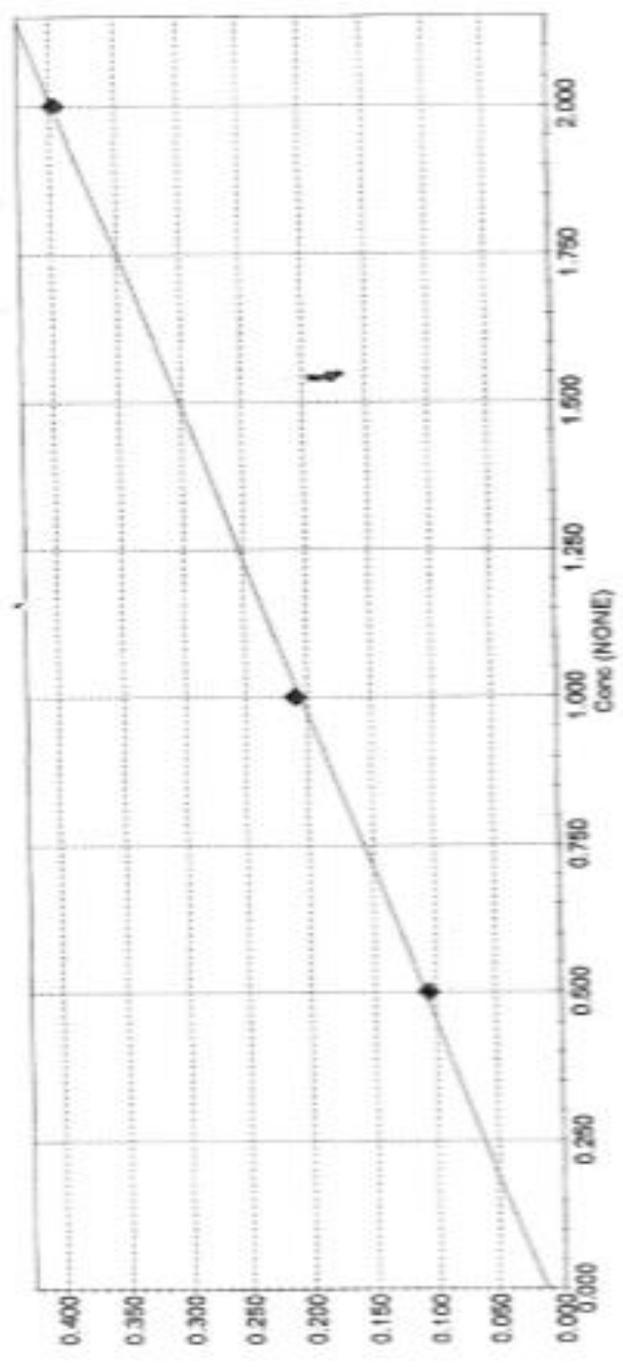
LAMPIRAN 6

Hasil Uji AAS untuk Filter Logam Cu



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

Calibration Curve (Element:Cu:Flame CF:01)



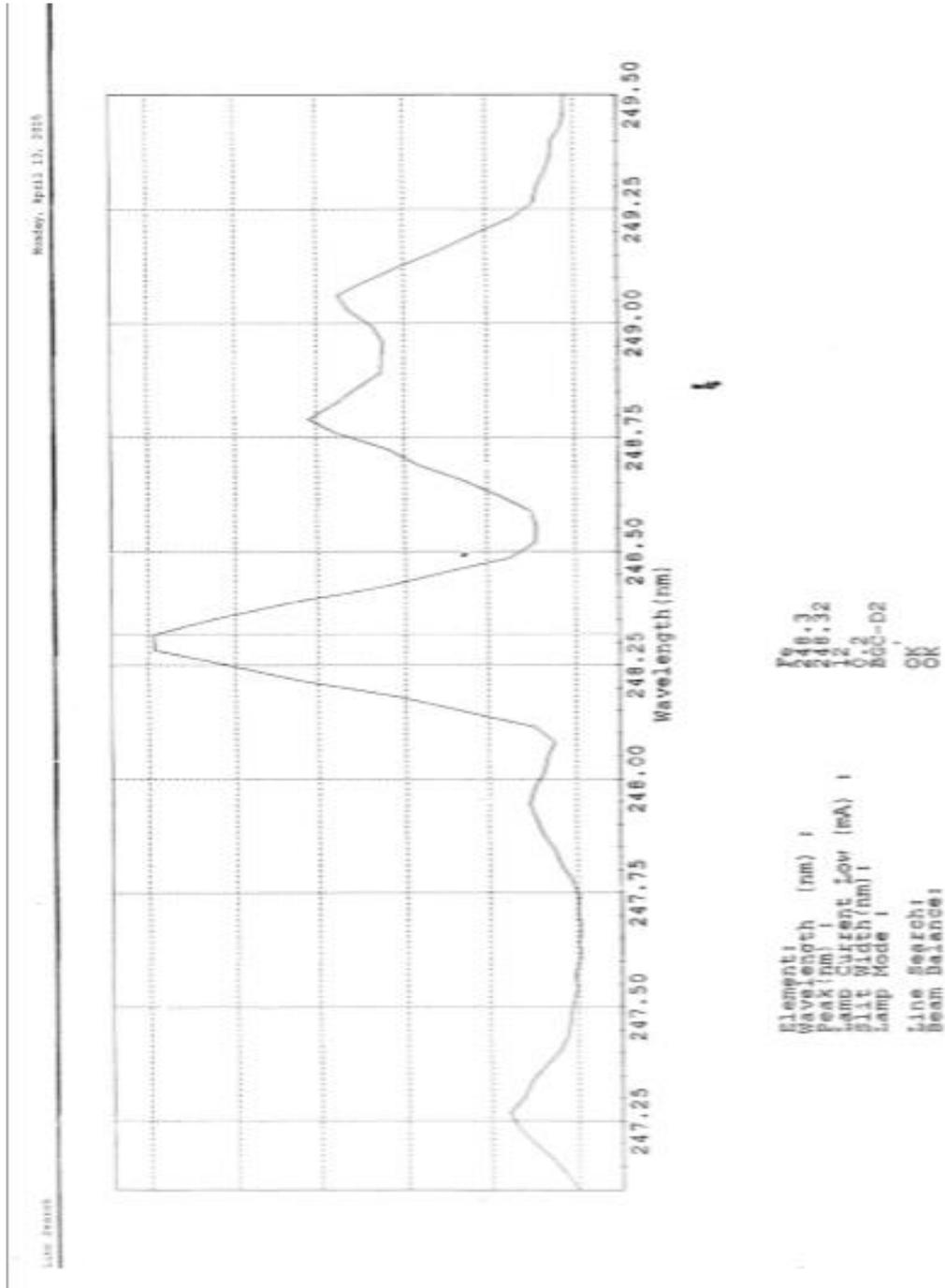
Abs=0.19243Conc+0.013100 $r=0.9997$

CONC	Abs
0.5000	0.1068
1.0000	0.2093
2.0000	0.3967

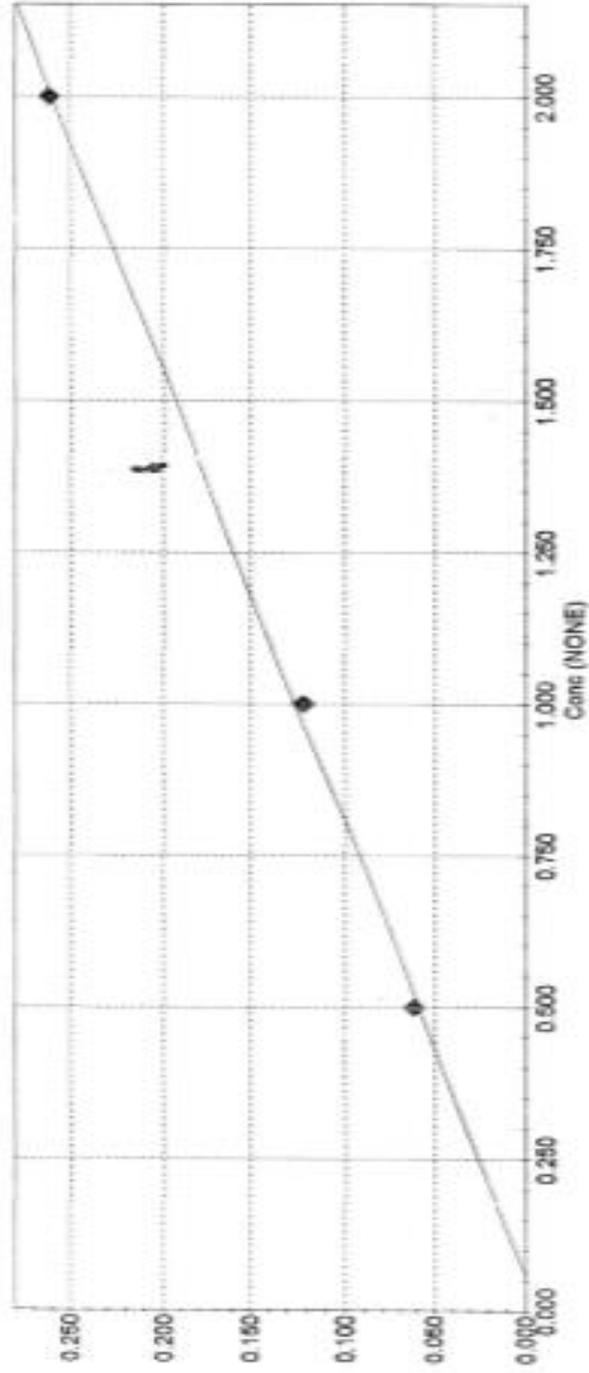
Action	Sample ID	X	True Value (NONE)	Conc. (NONE)	Abs.	BG	Actual Conc.	Actual Conc. Unit	Date
1 AUTOZERO									
2 BLK				0.0000		-0.0014			3/27/2015
3 STD-1			0.5000	0.4890	0.1072	-0.0015			3/27/2015
4 STD-2			0.5000	0.4864	0.1067	-0.0020			3/27/2015
5 STD-3			0.5000	0.4849	0.1064	-0.0014			3/27/2015
6 STD-AV			0.5000	0.4869	0.1068	-0.0016			3/27/2015
7 STD-1			1.0000	1.0092	0.2073	-0.0005			3/27/2015
8 STD-2			1.0000	1.0165	0.2097	-0.0005			3/27/2015
9 STD-3			1.0000	1.0328	0.2118	-0.0015			3/27/2015
10 STD-AV			1.0000	1.0194	0.2093	-0.0006			3/27/2015
11 STD-1			2.0000	1.9903	0.3961	-0.0006			3/27/2015
12 STD-2			2.0000	1.9961	0.3972	-0.0006			3/27/2015
13 STD-3			2.0000	1.9940	0.3969	-0.0008			3/27/2015
14 STD-AV			2.0000	1.9934	0.3967	-0.0007			3/27/2015
15 UNK1-1	NaOH 1%			0.5041	0.1101	-0.0007	0.5041 ppm		3/27/2015
16 UNK1-2	NaOH 1%			0.4973	0.1088	-0.0007	0.4973 ppm		3/27/2015
17 UNK1-3	NaOH 1%			0.4048	0.0910	-0.0009	0.4048 ppm		3/27/2015
18 UNK1-AV	NaOH 1%			0.4687	0.1033	-0.0006	0.4687 ppm		3/27/2015
19 UNK2-1	NaOH 2%			0.5592	0.1207	0.0010	0.5592 ppm		3/27/2015
20 UNK2-2	NaOH 2%			0.4817	0.1058	0.0005	0.4817 ppm		3/27/2015
21 UNK2-3	NaOH 2%			0.5228	0.1137	0.0008	0.5228 ppm		3/27/2015
22 UNK2-AV	NaOH 2%			0.5212	0.1134	0.0008	0.5212 ppm		3/27/2015
23 UNK3-1	NaOH 4%			0.5290	0.1149	0.0009	0.5290 ppm		3/27/2015
24 UNK3-2	NaOH 4%			0.5363	0.1163	0.0014	0.5363 ppm		3/27/2015
25 UNK3-3	NaOH 4%			0.5301	0.1151	0.0008	0.5301 ppm		3/27/2015
26 UNK3-AV	NaOH 4%			0.5316	0.1154	0.0010	0.5316 ppm		3/27/2015
27 UNK4-1	NaOH 7%			0.5379	0.1166	0.0006	0.5379 ppm		3/27/2015
28 UNK4-2	NaOH 7%			0.5420	0.1174	0.0013	0.5420 ppm		3/27/2015
29 UNK4-3	NaOH 7%			0.5405	0.1171	0.0018	0.5405 ppm		3/27/2015
30 UNK4-AV	NaOH 7%			0.5399	0.1170	0.0012	0.5399 ppm		3/27/2015
31 UNK5-1	NaOH 11%			0.4656	0.1027	0.0021	0.4656 ppm		3/27/2015
32 UNK5-2	NaOH 11%			0.4708	0.1037	0.0024	0.4708 ppm		3/27/2015
33 UNK5-3	NaOH 11%			0.4667	0.1029	0.0023	0.4667 ppm		3/27/2015
34 UNK6-AV	NaOH 11%			0.4677	0.1031	0.0023	0.4677 ppm		3/27/2015
35 UNK6-1	KOH 30%			0.4402	0.0978	-0.0004	0.4402 ppm		3/27/2015
36 UNK6-2	KOH 30%			0.4407	0.0979	0.0002	0.4407 ppm		3/27/2015
37 UNK6-3	KOH 30%			0.4464	0.0990	-0.0004	0.4464 ppm		3/27/2015
38 UNK6-AV	KOH 30%			0.4422	0.0982	-0.0002	0.4422 ppm		3/27/2015
39 UNK7-1	KOH 40%			0.7572	0.1568	-0.0008	0.7572 ppm		3/27/2015
40 UNK7-2	KOH 40%			0.7561	0.1566	-0.0002	0.7561 ppm		3/27/2015
41 UNK7-3	KOH 40%			0.7561	0.1563	-0.0005	0.7561 ppm		3/27/2015
42 UNK7-AV	KOH 40%			0.7568	0.1567	-0.0005	0.7568 ppm		3/27/2015
43 UNK8-1	KOH 50%			0.4360	0.0970	-0.0007	0.4360 ppm		3/27/2015
44 UNK8-2	KOH 50%			0.4329	0.0964	-0.0003	0.4329 ppm		3/27/2015
45 UNK8-3	KOH 50%			0.4350	0.0968	-0.0003	0.4350 ppm		3/27/2015
46 UNK8-AV	KOH 50%			0.4344	0.0967	-0.0004	0.4344 ppm		3/27/2015
47 UNK9-1	KOH 60%			0.4593	0.1009	0.0001	0.4593 ppm		3/27/2015

LAMPIRAN 7

Hasil Uji AAS untuk Filter Logam Fe



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



CONC	ABS
0.5000	0.0621
1.0000	0.1215
2.0000	0.2614

Abs=0.13401Conc-0.0079500 r=0.9992

LAMPIRAN 8

Perhitungan Pengenceran Larutan NaOH

- Menghitung Molaritas (M) NaOH 12% :

$$M = \frac{\rho \cdot 10 \cdot \%}{M_r} \quad \text{dengan : } \rho \text{ NaOH} = 1.10 \text{ gr/ml dan } M_r \text{ NaOH} = 40$$

$$M = \frac{(1.10) \cdot (10) \cdot (12)}{40}$$

$$M = 3.3 \text{ M}$$
$$\text{NaOH 12\%} = \text{NaOH 3.3 M}$$

- Menghitung Volume NaOH 12% yang dibutuhkan :

1. NaOH 11% = 3.025 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$(3.025) \cdot (50) = (3.3) \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{151.25}{3.3} = 45.83 = 46 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan NaOH = 46 ml dan aquades = 4 ml

2. NaOH 7% = 1.925 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$(1.925) \cdot (50) = (3.3) \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{96.25}{3.3} = 29.166 = 29.2 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan NaOH = 29.2 ml dan aquades = 20.8 ml

3. NaOH 4% = 1.1 M

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$(1.1) \cdot (50) = (3.3) \cdot V2$$

$$V2 = \frac{55}{3.3} = 16.6 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan NaOH = 16.6 ml dan aquades = 33.4 ml

4. NaOH 2% = 0.55 M

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$(0.55) \cdot (50) = (3.3) \cdot V2$$

$$V2 = \frac{27.5}{3.3} = 8.33 = 8.4 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan NaOH = 8.4 ml dan aquades = 41.6 ml

5. NaOH 1% = 0.275 M

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$(0.275) \cdot (50) = (3.3) \cdot V2$$

$$V2 = \frac{13.75}{3.3} = 4.166 = 4.2 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan NaOH = 4.2 ml dan aquades = 45.8 ml

LAMPIRAN 9

Perhitungan Pengenceran Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

- Menghitung $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$\frac{\text{Gr}}{\text{Mr} \cdot V1} V1 = \frac{\text{Gr}}{\text{Mr} \cdot V2} V2$$

$$\frac{\text{Gr} (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{\text{Mr} (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{\text{Gr} (\text{Cu})}{\text{Mr} (\text{Cu})}$$

$$\frac{\text{Gr} (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{249.694} = \frac{5 \text{ mg}}{63.55}$$

$$\text{Gr} (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 19.6454 \text{ mg} = 0.0196454 \text{ gr} = 0.2 \text{ gr}$$

Sehingga dibutuhkan serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0.2 \text{ gr}$ untuk dilarutkan dalam 100 ml aquades.

- Menghitung $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:

$$M1 \cdot V1 = M2 \cdot V2$$

$$\frac{\text{Gr}}{\text{Mr} \cdot V1} V1 = \frac{\text{Gr}}{\text{Mr} \cdot V2} V2$$

$$\frac{\text{Gr} (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{\text{Mr} (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{\text{Gr} (\text{Fe})}{\text{Mr} (\text{Fe})}$$

$$\frac{\text{Gr} (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{278.026} = \frac{5 \text{ mg}}{55.85}$$

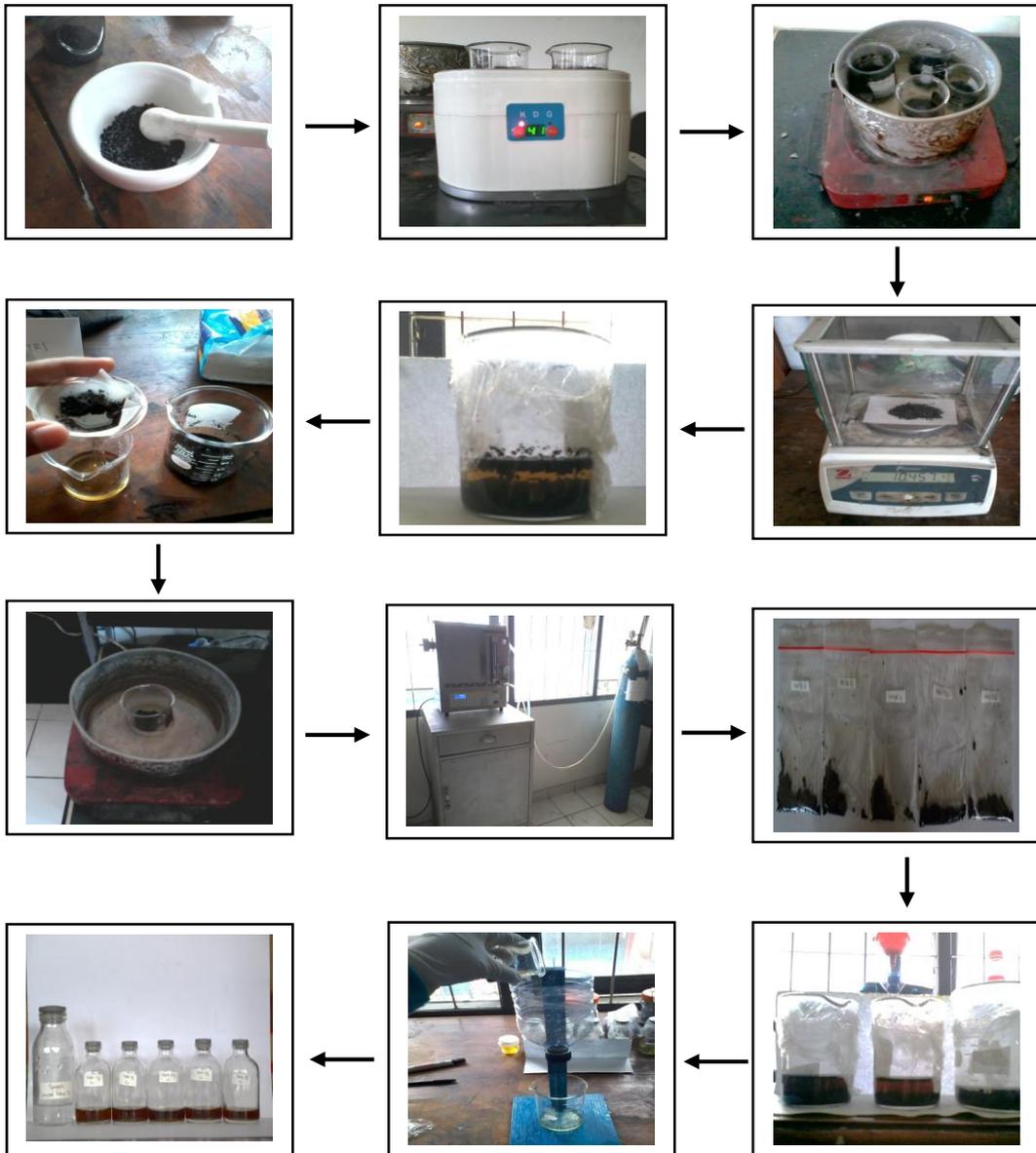
$$\text{Gr} (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 24.89042 \text{ mg} = 0.02489042 \text{ gr} = 0.2 \text{ gr}$$

Sehingga dibutuhkan serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0.2 \text{ gr}$ untuk dilarutkan dalam 100 ml aquades.

LAMPIRAN 10

Dokumentasi Penelitian

- Langkah Kerja Penelitian



- Pengujian Sampel Karbon Aktif



Pengujian AAS



Pengujian SEM

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Fitri Wulandari. Dilahirkan di Jakarta, 3 Mei 1993. Anak pertama dari 2 bersaudara, anak dari Bapak Sayadi dan Ibu Manis, serta kakak dari Muhammad Fajri Noer Syahbani. Pendidikan formal yang pernah ditempuh : SDN Pulogadung 07 Pagi pada tahun 1999 – 2005, SMPN 92 Jakarta pada tahun 2005 – 2008 , SMAN 36 Jakarta pada tahun 2008 – 2011, Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2011 – 2015. Selama menjadi mahasiswa fisika aktif berorganisasi di BLMJ Fisika selama 2 periode, aktif publikasi jurnal di EBTKE 2014, Seminar Nasional Fisika UNJ tahun 2014 dan Seminar Nasional Fisika UNJ tahun 2015.