PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI BIJI PINUS DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

SKRIPSI

Oleh:
ANTONI GONDO
NIM. 16640040

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI BIJI PINUS DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
ANTONI GONDO
NIM. 16640040

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF
DARI BIJI PINUS DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI
ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

SKRIPSI

Oleh:
Antoni Gondo
NIM. 16640040

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Pada Tanggal 26 November 2020

Menyetujui

Pembimbing I	Pembimbing II
Erna Hastuti, M.Si	Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009	NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504199003 1 003

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF
DARI BIJI PINUS DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI
ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

SKRIPSI

Oleh:
Antoni Gondo
NIM. 16640040

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 21 Desember 2020

Ketua Penguji	:	Dr. Imam Tazi, M.Si NIP. 19740730 200312 1 002	
Penguji Utama	:	Utiya Hikmah, M.Si NIDT. 19880605 20180201 2 242	
Sekretaris Penguji	:	Erna Hastuti, M.Si NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	:	Drs. Abdul Basid, M.Si NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504199003 1 003

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Antoni Gondo

NIM : 16640040

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Pinus dengan Aktivator KOH Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 21 Desember 2020
Yang Membuat Pernyataan

Antoni Gondo
NIM. 16640040

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ ۗ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ ۖ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

"Maka Maha Tinggi Allah Raja Yang sebenar-benarnya, dan janganlah kamu tergesa-gesa membaca Al qur'an sebelum disempurnakan mewahyukannya kepadamu, dan katakanlah: "Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan"
Q.S Thaha (114)

تَعَلَّمُوْاوَعَلِّمُوْاوَتَوَاضَعُوْالِمُعَلِّمِيْكُمْ وَلَيَلُوْا لِمُعَلِّمِيْكُمْ

"Belajarlah kamu semua, dan mengajarlah kamu semua, dan hormatilah guru gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu."
(HR Tabrani)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT
Sholawat serta sallam tertuju kepada Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Keluargaku tercinta
‘‘Papa (Aswito Gondo), Mama (Yayuk Sri Rahayu)’’
Terima kasih atas doa, restu, dan dukungannya
Cece (Agnes Stefanny Gondo), Keluarga,
dan segenap keluarga UIN Malang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi yang telah penulis susun ini berjudul "**Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Pinus Dengan Aktivator KOH Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)**".

Sholawat serta sallam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan proposal skripsi ini.

Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing, dan memberikan pengarahan selama perkuliahan.
6. Bapak, Ibu, adik dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga disetiap langkah penulis.
7. Segenap anggota teman-teman Material Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penyusunan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat fisika 2016, 2017 dan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aamiin. Penulisan berharap semoga Proposal Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 03 Desember 2020

Penyusun

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
ABSTRAK xv
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Tujuan Penelitian 5
1.4. Batasan Masalah 5
1.5. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Pinus 7
2.2. Karbon Aktif 9
2.3. Adsorpsi 12
2.4. Logam Berat Timbal (Pb) 16
2.5. FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*) 18
2.6. Penentuan Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi *Methylene Blue* 20
2.7. AAS (*Atomic Absorption Spektrometry*) 23
2.8. Kajian Integrasi Islam 23
BAB III METODE PENELITIAN
3.1. Jenis Penelitian 26
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian 26
3.3. Alat dan Bahan Penelitian 26
3.3.1 Alat Penelitian 26
3.3.2 Bahan Penelitian 27
3.3.3 Alat Karakterisasi 28
3.4. Variabel Penelitian 28
3.5. Prosedur Penelitian 28
3.5.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Biji Pinus (Sahara dkk, 2019) 28
3.5.2 Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue* 29
3.5.3 Proses Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Larutan Timbal 30
3.5.4 Karakterisasi Sampel 31
3.6 Diagram Alir Penelitian 32
3.6.1 Diagram Alir Sintesis Karbon Aktif dari Biji Pinus 32
3.6.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Limbah Timbal (Pb) 33

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.7. Teknik Pengumpulan Data 33
3.7.1 Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif Biji Pinus Menggunakan FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*) 34
3.7.2 Analisis Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue* 34
3.7.3 Analisis Kadar Limbah Timbal (Pb) Menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Data Hasil Penelitian 37
4.1.1 Preparasi Karbon Aktif Biji Pinus 37
4.1.2 Analisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR 40
4.1.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue* 42
4.1.4 Analisa Kadar Limbah Timbal (Pb) Menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) 45
4.2. Pembahasan 48
BAB V PENUTUP
5.1. Kesimpulan 58
5.2. Saran 59
DAFTAR PUSTAKA

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Pohon Pinus (Businsky, 2017) 8
Gambar 2.2 Struktur Karbon Aktif (Celzard.A dkk, 2007) 9
Gambar 2.3 Mekanisme Adsorption Pb^{2+} (Moyo.M dkk, 2014) 16
Gambar 2.4 Hasil Uji FTIR Grafit dan GO (Bera.M dkk, 2018)..... 20
Gambar 2.5 Struktur *Methylene Blue* (Fajarwati dkk, 2001)..... 21
Gambar 4.1 Yield Massa Karbon..... 39
Gambar 4.2 Spektrum FTIR Sampel (a) Karbon (b) Karbon Aktif dengan Konsentrasi 1 M KOH (c) Konsentrasi 1.5 M KOH (d) Konsentrasi 2 M KOH (e) Konsentrasi 2.5 M KOH (f) Konsentrasi 3 M KOH (g) Konsentrasi 3.5 M KOH (h) Konsentrasi 4 M KOH..... 41
Gambar 4.3 Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH..... 45
Gambar 4.4 Kadar Limbah Timbal (Pb) yang Terserap oleh Karbon..... 48
Gambar 4.5 Gugus Fungsi Oksigen, Sulfur, Nitrogen Pada Permukaan Karbon Aktif (Jahromi, 2019) 51
Gambar 4.6 Mekanisme Interaksi antara Pori dengan *Methylene Blue* oleh Aktivator KOH (Liu.L dkk, 2019)..... 53
Gambar 4.7 Proses Adsorpsi Elektrostatis dan Adsorpsi Fisika (Huang. Y dkk, 2013) 54

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Otmer, 1994)..... 14
Tabel 2.2 Pita Serapan Uji FTIR (Muhiddin, 2019) 19
Tabel 3.1 Data Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis 35
Tabel 3.2 Data Hasil AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)..... 36
Tabel 4.1 Yield Karbon..... 39
Tabel 4.2 Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel Hasil Spektrum FTIR 42
Tabel 4.3 Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH.. 44
Tabel 4.4 Kadar Limbah Timbal (Pb) yang Terserap Oleh Karbon 47

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan Bahan
LAMPIRAN 2 Data FTIR
LAMPIRAN 3 Data dan Perhitungan UV-VIS
LAMPIRAN 4 Data dan Perhitungan AAS
LAMPIRAN 5 Gambar Penelitian

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Gondo, Antoni. 2020. **Pembuatan dan Karakterisasi Karbonaktif dari Biji Pinus dengan Aktivator KOH Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb).** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Kata kunci: Biji Pinus, Karbon Aktif, Adsorpsi, Logam Timbal (Pb).

Biji Pinus memiliki kandungan hemisellulosa, sellulosa, dan lignin yang tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan pembuat karbon aktif. Karbon aktif memiliki pori-pori dan luas permukaan yang dapat dioptimalkan sebagai penjernihan air, pemurnian gas, dan penetral dari berbagai limbah. Karbon aktif dari bahan dasar biji pinus dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam timbal (Pb). Pada penelitian ini biji pinus dimanfaatkan untuk pembuatan material karbon aktif dengan metode aktivasi. Biji pinus dipanaskan pada temperatur 500^{o}C selama 2 jam. Karbon biji pinus diaktivasi menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, dan 4 M dan dipanaskan pada temperatur 400^{o}C selama 1 jam. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi pada karbon aktif. Analisis luas permukaan menunjukkan karbon biji pinus dengan aktivasi KOH 1.5 - 4 M memiliki nilai yang relatif sama yaitu sekitar 22 m^2/g. Sedangkan karbon biji pinus dengan aktivasi KOH 1 M memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 15,837 m^2/g dibandingkan dengan karbon biji pinus tanpa aktivasi yaitu sebesar 19,400 m^2/g. Analisis kadar limbah timbal (Pb) menunjukkan nilai optimum terjadi pada prosentase adsorpsi sebesar 99,99% pada waktu kontak 24 dan 48 jam.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Gondo, Antoni. 2020. **Preparation and Characterization of Activated Carbon from Pine Cones with KOH Activator as Lead (Pb) Metal Adsorbent.** Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor (I) Erna Hastuti, M.Sc. (II) Drs. Abdul Basid, M.Sc.

Keywords: Pine Cone, Activated Carbon, Adsorption, Lead Metal (Pb).

Pine seeds contain high levels of hemicellulose, cellulose and lignin, so they have the potential to make activated carbon. Activated carbon has pores and a surface area that can be optimized for water purification, gas purification, and a neutralizer of various wastes. Activated carbon from pine cones can be used as an adsorbent to adsorb lead metal (Pb). In this research, pine seeds are used to manufacture activated carbon material using the activation method. Pine cones are heated at 500^{o}C for 2 hours. Pine seed carbon was activated using KOH with various concentrations of 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, & 4 M and heated at 400^{o}C for 1 hour. The FTIR spectrum shows the presence of functional groups on activated carbon. Surface area analysis showed that pine cone carbon with KOH activation 1.5 - 4 M had a relatively similar value, which was around 22 m^2/g. Meanwhile, pine seed carbon with 1 M KOH activation had a smaller value, namely 15.837 m^2/g compared to unactivated pine cone carbon which was 19.400 m^2/g. Analysis of lead waste content (Pb) shows that the optimum value occurs at the adsorption percentage of 99.99% at 24 and 48 hours of contact time.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

نبذة مختصرة

.انتؤني غؤندؤ **2020. تحضير وتوصيف الكربون النشط من كوز الصنوبر با المنشط KOH كمادة ماصة معدنية للرصاص.**البحثالجامعي قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية، مالانج.المشرف: (1)ارناهستوتي الماجستير(2) عبد الباسيد الماجستير.

الكلمات المفتاحية: كوز الصنوبر، الكربون المنشط ، امتصاص ، من المعدن الرصاص (رصاص)

تحتوي بذور الصنوبر على مستويات عالية من الهيميسليلوز والسليلوز واللجنين ، لذلك لديها القدرة على إنتاج الكربون المنشط. يحتوي الكربون النشط على مسام ومساحة سطحية يمكن تحسينها لتنقية المياه وتنقية الغاز ومعادل النفايات المختلفة. يمكن استخدام الكربون المنشط من مخاريط الصنوبر كممتاز لامتصاص معدن الرصاص (Pb). في هذا البحث تم استخدام بذور الصنوبر لتصنيع مادة الكربون المنشط بطريقة التنشيط. يتم تسخين مخاريط الصنوبر عند 500 درجةمئوية لمدة ساعتين. تم تنشيط كربون بذور الصنوبر باستخدام KOH بتركيزات مختلفة من 1 ، 1.5 ، 2 ، 2.5 ، 3 ، 3.5 ، 4 مولار وتسخينه عند 400درجةمئوية لمدة ساعة. يُظهر طيف FTIR وجود مجموعات وظيفية على الكربون المنشط. أظهر تحليل مساحة السطح أن كربون الصنوبر مع تنشيط 4 - 1.5 KOH م له قيمة مماثلة نسبيًا ، والتي كانت حوالي 22 م2/ جم. وفي الوقت نفسه ، كان لكربون بذور الصنوبر مع تنشيط KOH 1 M قيمة أقل ، وهي 15.837 مالنشط2/ جم مقارنة بكربون الصنوبر غيرالذي كان 19.400 م2/ جم. يوضح تحليل محتوى نفايات الرصاص (Pb) أن القيمة المثلى تحدث عند نسبة امتصاص تبلغ 99.99٪ في 24 و 48 ساعة من وقت الاتصال.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pinus adalah salah satu tumbuhan asli Indonesia yang habitatnya berasal dari daerah Aceh dan Sumatera Utara, kemudian menyebar ke wilayah lain di Sumatera (Jambi, Sumatera Barat, Lampung), Sulawesi, dan Jawa. Khususnya di Jawa Timur, jumlah pohon pinus sekitar 37.288.068 yang tersebar di luar kawasan konservasi pegunungan: Welirang, Arjuna, Anjasmoro, Kawi, Kelud, Bromo, Tengger, Semeru, dan Ijen dengan luasan lahan sekitar 177.959 Ha dari total lahan 500.000 Ha di kawasan hutan negara (Sutarman & Prihatiningrum, A.E, 2015).

Hampir setiap bagian pohon pinus dapat dimanfaatkan. Bagian-bagian pohon pinus meliputi kayu, getah, kulit, biji, dan bunga. Salah satu bagian yang belum dimanfaatkan oleh masyarakat adalah biji pinus. Menurut Manullang, dkk (2013) biji pinus mengandung selulosa, hemiselulosa, dan senyawa organik lainnya, sehingga berpotensi sebagai bahan pembuat karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang memiliki ciri-ciri pori yang sangat kompleks, berukuran kecil (mikro), dan luas permukaan yang besar. Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui 2 tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat fisika maupun kimia. Aktivasi ada 2, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika adalah proses pengaktifan karbon dengan cara pembakaran menggunakan uap panas (gas *inert*) dengan suhu antara 300 - 1500^{o} C. Sedangkan aktivasi kimia adalah penambahan bahan-bahan kimia sebagai aktivator sehingga mempengaruhi kualitas karbon aktif.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Dengan adanya proses aktivasi, kapasitas adsorpsi dapat ditingkatkan dengan memodifikasi bahan oleh larutan asam atau basa (aktivator), dan dapat juga dengan perlakuan fisika seperti pemanasan.

Pada proses aktivasi kimia diperlukan senyawa yang dapat membantu pemutusan rantai karbon dengan pemakaian bahan-bahan kimia seperti H_3PO_4, HCl, $ZnCl_2$, NaOH, $Ca(OH)_2$, dan KOH. Ozhan, dkk (2014) menggunakan bahan dasar biji pinus yang diimpregnasi di bawah radiasi gelombang mikro menggunakan $ZnCl_2$ dan dialiri gas N_2. Didapatkan luas permukaan 939 m^2/g. Pada penelitian Manullang dkk (2013), H_2SO_4 7,5% digunakan sebagai aktivator dalam pembuatan karbon aktif dan didapatkan luas permukaan 18,04 m^2/g. Duman dkk (2009) menggunakan H_3PO_4 dan $ZnCl_2$ untuk membuat karbon aktif dari biji pinus dengan variasi 50%, 100%, 150%, 200%, dan 250% dari berat karbon. Dihasilkan luas permukaan menggunakan H_3PO_4 paling optimal dengan konsentrasi 250% yaitu 1597 m^2/g. Sedangkan, ketika menggunakan $ZnCl_2$ paling optimal pada variasi 200% dengan luas permukaan 1823 m^2/g. Pada penelitian yang lain, bubuk biji pinus 50 gram dicampur dengan larutan NaOH, KOH, dan $Ca(OH)_2$ masing-masing 500 cm^3. Didapatkan luas permukaan paling besar yaitu 63.15 m^2/g pada larutan NaOH (Ofomaja. A.E & Naidoo. E.B, 2011).

Karthikeyan, dkk (2014) menggunakan biji pinus sebagai karbon aktif dengan variasi berat karbon dan aktivator KOH sebesar 1:1, 1:3, dan 1:5. Didapatkan luas permukaan yang paling tinggi pada aktivator KOH dengan perbandingan massa 1:5 sebesar 3950 m^2/g. Selain itu, biji pinus disintesis menggunakan hidrotermal diikuti dengan karbonisasi dan aktivasi KOH dengan perbandingan massa 1:1 dari berat karbon. Didapatkan luas permukaan 1515 m^2/g (Manyala dkk, 2016). Barzegar, dkk

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

(2017) menggunakan biji pinus dengan metode Activated Expanded Graphite (AEG) dan Activated Pine Cone Carbon (APC) menggunakan perbandingan antara berat karbon dan aktivator KOH sebesar 1:4. Didapatkan luas permukaan masing-masing sebesar 457 m^2/g dan 808 m^2/g. Oleh karena itu, biji pinus dapat dikonversikan menjadi karbon aktif, sehingga dapat menaikkan nilai ekonomisnya.

وَآيَةٌ لَهُمُ الأَرْضُ الْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ (33) وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِنْ نَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ (34) لِيَأْكُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ أَفَلا يَشْكُرُونَ (35)

Artinya: "*Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka dari padanya mereka makan. (33) Dan kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mata air, (34) Supaya mereka dapat makan dari buahnya, dan dari apa yang diusahakan oleh tangan mereka maka mengapakah mereka tidak bersyukur?"* (35) (Q.s. Yasin; 33-35).

Berdasarkan pengertian diatas keterkaitan ayat tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan biji pinus yang berasal dari tanaman pohon pinus. Dimana dengan Maha Esa lagi maha Kuasanya dikeluarkan dari padanya biji-bijian, dan dipancarkan padanya beberapa mata air sehingga dapat memanfaatkan tumbuhan secara maksimal.

Karbon aktif memiliki pori-pori dan luas permukaan yang dapat dioptimalkan sebagai penjernihan air, pemurnian gas, dan penetral dari berbagai limbah. Karbon aktif dari bahan dasar biji pinus dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat. Menurut Yudo (2006), pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi masalah yang serius, seiring dengan penggunaan logam berat dalam bidang industri yang semakin meningkat. Logam berat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena tidak dapat diuraikan secara biologis apabila dalam

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

konsentrasi yang berlebihan. Selain itu, logam berat dapat berbahaya dan menyebabkan kematian bagi makhluk hidup salah satunya adalah timbal (Pb) (Darmayanti & Supriyadi, 2012). Timbal (Pb) dapat terinvestasi pada tanah, air maupun udara baik dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik. Sumber timbal (Pb) terdapat pada hampir semua limbah industri diantaranya baterai, kabel, cat, penyepuhan, pestisida dan zat anti letup pada bensin (Lestari, 2013).

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis karbon aktif dari biji pinus menggunakan aktivator KOH dengan konsentrasi 1M, 1.5M, 2M, 2.5M, 3M, 3.5M, dan 4M. Karbon aktif biji pinus selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* untuk mengetahui gugus fungsinya. Menggunakan metode penyerapan *methylene blue* untuk mengetahui nilai adsorpsi dari karbon aktif dibantu dengan alat Spektrofotometer UV-Vis sehingga dapat menganalisis luas permukaan karbon biji pinus. Selanjutnya untuk mengetahui kemampuan penyerapan karbon aktif digunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) untuk menganalisis kadar limbah timbal (Pb).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi KOH terhadap gugus fungsi karbon aktif dari biji pinus?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi KOH terhadap luas permukaan karbon aktif dari biji pinus?

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Bagaimana kemampuan karbon aktif dari biji pinus dalam mengadsorpsi logam Pb?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi KOH terhadap gugus fungsi karbon aktif dari biji pinus.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi KOH terhadap luas permukaan karbon aktif dari biji pinus.
3. Untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dari biji pinus dalam mengadsorpsi logam Pb.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bahan utama yang digunakan adalah biji pinus jenis *merkusii* (tidak membedakan biji betina dan biji jantan).
2. Pengeringan biji pinus menggunakan sinar matahari hingga kering.
3. Pembakaran menggunakan furnace terbuka pada temperatur 500^{o} C selama 2 jam.
4. Agen aktivator yang digunakan yaitu KOH.
5. Volume aquades 150 ml dan massa karbon seberat 15 gram.
6. Konsentrasi KOH sebesar 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4M. Berdasarkan penelitian (Karthikeyan, 2014) dengan menggunakan bahan biomassa biji pinus

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

memiliki hasil luas permukaan yang paling optimal pada perbandingan 1:5 sebesar 3950 m^2/g.

7. Pembakaran (pirolisis) menggunakan furnace udara terbuka pada temperatur 400^o C selama 1 jam.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai optimum adsorpsi dari karbon biji pinus yang sudah diaktivasi secara kimia dan fisika. Manfaat secara umum dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi, pengetahuan, serta pengalaman bagi penulis maupun pembaca.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pinus

Pinus merupakan jenis pohon pionir berdaun jarum yang termasuk dalam *family Pinaceae*. Dapat tumbuh pada daerah ketinggian 200-2.000 m dpl, dengan curah hujan antara 1.200-3.000 mm pertahun. Selain di Indonesia, pinus juga dijumpai tumbuh secara alami di Vietnam, Kamboja, Thailand, Burma, India, dan Philipina. Secara geografis tersebar antara 2^0 LS - 22^0 LU dan $95^0 30^0$ BB′ - $120^0 31'$ BT (Nofenda, 2014).

Adapun klasifikasinya mulai dari kingdom hingga spesies, yaitu:

Kingdom	: *Plantae* (Tumbuhan)
Subkingdom	: *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
Subdivisi	: *Gymnospermae*
Kelas	: *Coniferinae*
Subkelas	: *Dillenidae*
Ordo	: *Coniferales*
Famili	: *Pinaceae*
Genus	: Pinus
Species	: Pinus merkusii *Jungh* dan *De Vr*

Pinus adalah salah satu tanaman monokotil yang mempunyai ciri khas dengan daunnya yang memipih seperti jarum dan berkelompok atau berupa sisik. Pinus memiliki *strobillus* jantan dan *strobillus* betina dalam satu pohon. Ukuran *strobillus* jantan lebih kecil dibandingkan dengan *strobillus* betina (berkayu), terletak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

aksilaris. Pohon berkayu (woods), *strobillus* bentuk konus. Tanaman pinus secara morfologis memiliki tujuh bagian, yaitu akar, batang, tangkai, daun, bunga, buah, dan biji yang masing-masing berciri khas serta mempunyai fungsi yang berbeda dalam satu tumbuhan (Nofenda, 2014).

Pohon pinus termasuk dalam tipe pohon berumah satu dengan bunga berkelamin tunggal. Bunga jantan dan betina dalam satu tunas. Bunga jantan berbentuk *strobillus* dengan panjang 2-4 cm terletak terutama dibagian bawah tajuk, sedangkan *strobillus* betina banyak terdapat di sepertiga bagian atas tajuk terutama di ujung dahan. *Strobillus* jantan dan betina dapat ditemukan sepanjang tahun. Puncak pembungaan pinus di Indonesia pada bulan Maret dan berakhir pada bulan Juni. Perkembangan menjadi buah selama 11-15 bulan (Suluh & Sampelawang, 2017).

Gambar 2.1 Biji Pohon Pinus (Businsky, 2017).

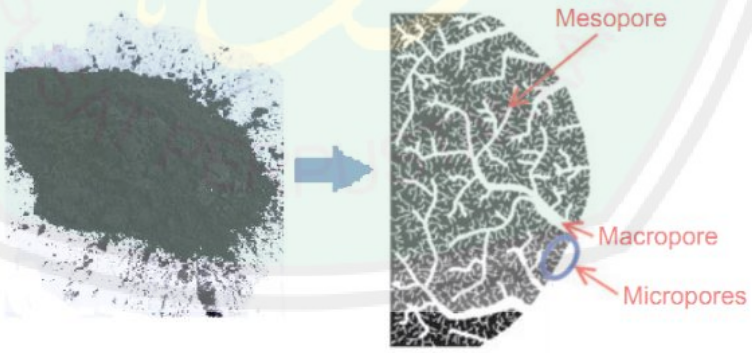
Biji pinus mempunyai komposisi kimia yang terdiri dari *selullosa*, *hemiselullosa*, dan *lignin*. Dalam beberapa kali, biomassa biji pinus telah diterapkan sebagai adsorben untuk air limbah logam dan pewarna oleh beberapa penulis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kehadiran senyawa kimia seperti *hemiselullosa* (46,5%), *selullosa* (18,8%), dan *lignin* (37,4%) menyediakan gugus fungsional asam yang berperan untuk kapasitas logam dan pewarna bubuk. Terlepas dari kelimpahan relatifnya di alam, satu keuntungan utama dari penggunaan bubuk biji pinus sebagai adsorben adalah pada kenyataan bahwa periode kontak minimum yang diperlukan menghilangkan ion logam dalam jumlah besar dari larutan adalah singkat (Ofomaja & Naidoo, 2011).

2.2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan karbon *amorf* yang mengandung 85-95% karbon dan memiliki luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m^2/g. Bahan-bahan yang mengandung karbon dapat menghasilkan karbon aktif dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi. Pori-pori tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap (adsorben). Karbon aktif adalah karbon yang sudah mengalami aktivasi, sehingga luas permukaannya menjadi lebih besar karena jumlah porinya lebih banyak (Rahmadani & Kurniawati, 2017).



Gambar 2.2 Struktur Karbon Aktif (Celzard.A dkk, 2007).

Karbon aktif dibuat melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

proses ini sempurna pada suhu $400 - 600^{o}$ C. Aktivasi adalah proses pengubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi menggunakan uap panas (gas *inert*), dengan suhu antara $700 - 1100^{o}$ C atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator. Aktivasi penambahan bahan-bahan kimia sebagai aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Pada penelitian-penelitian sebelumnya aktivator kimia yang digunakan berupa asam, basa, dan garam atau KOH, H_3PO_4, dan $ZnCl_2$ (Idrus dkk, 2013).

Secara umum, reaksi karbon dan KOH dimulai dengan padatan-padatan dan kemudian dilanjutkan melalui reaksi padat-cair termasuk reduksi senyawa kalium (K) menjadi logam oksidasi karbon menjadi karbon oksida dan karbonat, dan reaksi lain di antara berbagai zat aktif (J. wangg & Kaskel, 2012).

$$2KOH \rightarrow K_2O + H_2O \quad (2.1)$$

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2O \quad (2.2)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (2.3)$$

$$CO_2 + K_2O \rightarrow K_2CO_3 \quad (2.4)$$

Produk utama dari aktivasi karbon menggunakan KOH pada 700^{o} C adalah H_2, H_2O, CO, CO_2, kalium oksida (K_2O), dan kalium karbonat (K_2CO_3). Proses ini terdiri dari beberapa reaksi berturut-turut, beberapa di antaranya ditunjukkan dalam persamaan (2.1) - (2.4). KOH mengalami dehidrasi (kering) kemudian berubah menjadi K_2O pada temperatur 400^{o} C (persamaan (2.1)). Selanjutnya H_2O yang dihasilkan akan bereaksi dengan C dengan emisi H_2 (persamaan (2.2)). K_2CO_3 akan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terbentuk (persamaan (2.4)) oleh reaksi K_2O dan CO_2 yang dihasilkan dalam reaksi pada (persamaan (2.3)) (J. wangg & Kaskel, 2012).

$$6KOH + 2C \rightarrow 2K + 3H_2 + 2K_2CO_3 \quad (2.5)$$

Reaksi stoikiometrik terjadi antara karbon dan KOH yang ditunjukkan pada (persamaan (2.5)).

$$K_2CO_3 \rightarrow K_2O + CO_2 \quad (2.6)$$

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO \quad (2.7)$$

$$K_2CO_3 + 2C \rightarrow 2K + 3CO \quad (2.8)$$

$$C + K_2O \rightarrow 2K + CO \quad (2.9)$$

Selama aktivasi KOH, hasil sebelumnya menunjukkan K_2CO_3 terbentuk pada temperatur sekitar 400^o C. Pada temperatur sekitar 600^o C, KOH sepenuhnya dihilangkan. K_2CO_3 yang terbentuk dalam (persamaan (2.4) dan (2.5)), secara signifikan terurai menjadi CO_2 dan K_2O pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur 700^o C (persamaan (2.6)), dan benar-benar menghilang pada temperatur 800^o C. Selain itu, CO_2 yang dihasilkan dapat dihilangkan oleh karbon untuk membentuk CO pada temperatur yang lebih tinggi (persamaan (2.7)). Senyawa K (K_2O dan K_2CO_3) juga dapat direduksi oleh karbon untuk menghasilkan logam K, pada temperature lebih dari 700^oC (persamaan (2.8) dan (2.9)) (J. wangg & Kaskel, 2012).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berdasarkan hal tersebut tiga mekanisme aktivasi utama untuk aktivasi karbon menggunakan KOH dapat disimpulkan: (a) kerangka karbon oleh reaksi redoks antara berbagai senyawa kalium sebagai reagen pengaktif kimia dengan karbon seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.5), (2.8), dan (2.9), disebut aktivasi kimia yang mampu menghasilkan jaringan berpori, (b) pembentukan H_2O (persamaan (2.1)) dan CO_2 (persamaan (2.3) dan (2.6)) dalam sistem aktivasi memberikan kontribusi positif untuk pengembangan porositas melalui gasifikasi karbon, yaitu aktivasi fisik (persamaan (2.2)) dan (2.7)), (c) logam K (persamaan (2.5), (2.8) dan (2.9)), secara efisien menginterkalasi ke dalam kisi-kisi karbon dari matriks karbon selama aktivasi, menghasilkan perluasan kisi-kisi karbon (J. wangg & Kaskel, 2012).

2.3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa dimana molekul-molekul dari suatu senyawa terikat oleh permukaan zat padat. Molekul-molekul pada zat padat atau zat cair mempunyai gaya dalam keadaan tidak seimbang dimana gaya kohesi cendurung lebih besar dari pada gaya adhesi. Kesetimbangan gaya-gaya tersebut menyebabkan zat padat atau zat cair tersebut cenderung menarik zat-zat lain atau gas yang bersentuhan pada permukaannya. Fenomena konsentrasi zat pada permukaan padatan atau cairan disebut fasa teradsorb atau adsorbat, sedangkan zat yang menyerap atau menariknya disebut adsorben. Proses adsorpsi pada suatu adsorben terutama terjadi pada pori-pori kecilnya (*micropore*). Sementara itu, *macropore* hanya berperan sebagai tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke *micropore* (Ding dan Bhatia, 2003).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben akan sangat berpengaruh terutama untuk tersedia tempat adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan spesifik. Makin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan makin besar pula adsorpsi yang terjadi (Al-Ayubi, 2007).

Adsorpsi ada 2, yaitu adsorpsi fisika dan kimia. Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang melibatkan gaya intermolekuler (gaya *van der Walls*, ikatan *hydrogen*, dll) (Oscik, 1982). Pada adsorpsi ini adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak dari satu bagian adsorben kebagian yang lain. Sifat adsorpsinya adalah *reversible* yaitu dapat balik atau dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan (Larry, et al., 1982). Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan ikatan valensi sebagai hasil pemakaian bersama elektron oleh adsorben dan adsorbat. Adsorpsi kimia berhubungan dengan pembentukan dengan pembentukan senyawa kimia yang melibatkan adsorben dan permukaan-permukaan zat yang diserap (Oscik, 1982). Adsorpsi ini biasanya tidak *reversible*. Adsorben harus dipanaskan pada temperatur tinggi untuk memisahkan adsorbat (Larry, et al., 1982) dalam (Al-Ayubi, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Otmer, 1994):

Parameter	**Adsorpsi Fisika**	**Adsorpsi Kimia**
Adsorben	Semua padatan	Beberapa padatan
Adsorbat	Semua gas pada temperatur kritis	Beberapa gas secara kimiawi, Reaktif
Rentang temperature	Temperatur ruang	Secara umum temperatur tinggi
Laju energi aktivasi	Sangat cepat, energi rendah	Non aktif energi rendah, aktif energi tinggi
Lapisan	Lapisan jamak (*mulyilayer)*	Lapisan tunggal
Reversibilitas	Sangat reversible	Sangat *irreversible*
Kegunaan	Untuk penentuan luas permukaan dan ukuran pori	Untuk penentuan daerah pusat aktif dan penjelasan kinetika reaksi permukaan
Panas Adsorpsi	Rendah (H=Panas kondensasi)	Tinggi, mencapai suhu reaksi

Jumlah fluida yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini: (Bahl dkk., 1997)

1. Jenis adsorbat

   a. Ukuran molekul adsorbat

      Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal yang penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama pdengan diameter pori adsorben.

   b. Kepolaran zat

      Apabila berdiameter sama, molekul-molekul polar yang lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar. Molekul-molekul yang kurang polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang teah lebih dulu teradsorpsi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi maka adsorben yang lebih murni lebih diiinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi seringkali adsorben diberikan perlakuan awal untuk meningkatkan luas permukaan adsorben yang merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

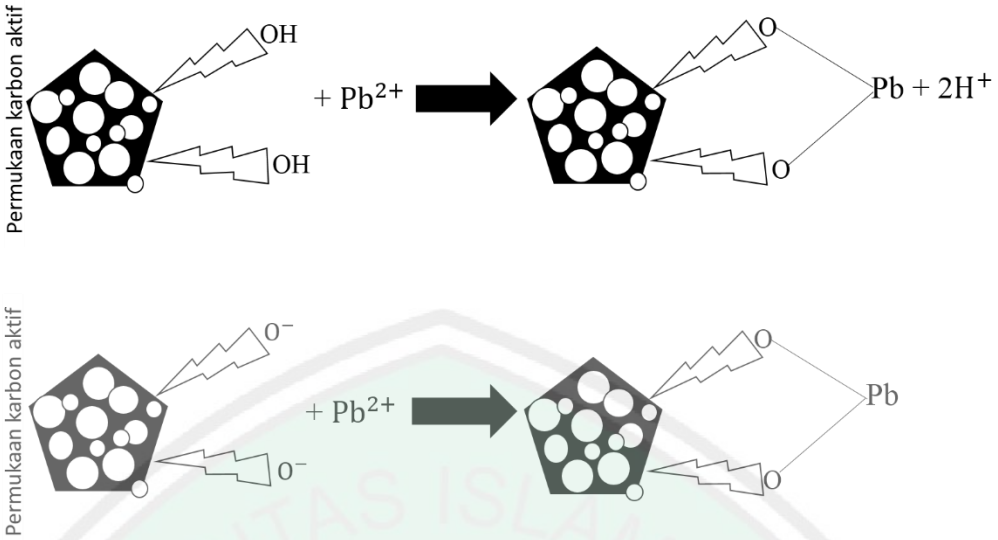
3. Temperatur

Proses adsorpsi adalah proses eksotermis, berarti peningkatan temperatur pada tekanan yang tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi, berdasarkan prinsip Chatelier.

4. Tekanan adsorbat

Pada adsorpsi fisika, jumlah zat yang diadsorpsi akan bertambah dengan menaikkan tekanan adsorbat. Sebaliknya pad adsorpsi kimia, jumlah zat yang diadsorpsi akan berkurang dengan menaikkan tekanan adsorbat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.3 Mekanisme Adsorption Pb^{2+} (Moyo.M dkk, 2014).

Mekanisme adsorpsi merupakan hasil dari pertukaran antara ion Pb^{2+} dan gugus fungsi oksigen atau senyawa aromatik pada karbon aktif. Dengan demikian, ion Pb^{2+} / reaksi karbon aktif dapat direpresentasikan dalam dua proses seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Dari gambar 2.3, ion Pb^{2+} dapat mengikat dirinya sendiri kedua gugus hidroksil yang berdeketan dan melepaskan dua ion hidrogen (H^+) ke dalam larutan. Sebaliknya, dua gugus oksil dapat mendonasikan dua pasang elektron ke ion Pb^{2+}. Dalam kedua reaksi, empat senyawa bilangan koordinasi terbentuk (Moyo.M dkk, 2014).

2.4. Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan *oksidasi +2* (Sunarya, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah 1740^{o}C dan memiliki masa jenis 11.34 g/cm^3 (Widowati, 2008). Palar (1994) mengungkapkan bahwa logam pada suhu $500 - 600^{o}$ C dapat menguap dan membentuk oksigen di udara dalam bentuk timbal oksida (PbO).

Penggunaan timbal (Pb) dalam kehidupan sehari-hari, antara lain (Fardiaz, 1992):

a. Timbal digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa, dan solder, bahan kimia, pewarna (cat), dan lain-lain.
b. Produk-produk yang harus tahan karat, timbal (Pb) digunakan dalam bentuk alloy, seperti pipa-pipa yang digunakan untuk mengalirkan bahan kimia yang korosif.
c. Timbal juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan keramik yang disebut glaze, dalam bentuk PbO untuk membentuk sifat mengkilap pada keramik.

Menurut Widowati (2008), logam Timbal (Pb) dalam pertambangan berbentuk industri baterai, kabel, penyepuhan, *pestisida*, sebagai zat antiletup pada bensin, bahan untuk penyolderan, sebagai formulasi penyambungan pipa. Menurut ATSDR (2008), industri yang paling banyak menggunakan Timbal (Pb) untuk produksi adalah industri baterai. Penggunaan Timbal (Pb) lainnya untuk pembuatan benda-benda yang disolder, untuk mesin X-ray dan pencegahan korosif pada peralatan dan bangunan gedung.

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat *neurotoksin* yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahanya terhadap tubuh semakin meningkat (Kusnoputranto, 2006). Menurut Underwood dan Shuttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dan akumulasinya tergantung levelnya. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada ikan jika terdapat pada jumlah di atas batas ambang, menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 7387.2009) yaitu 0,3 ppm.

Efek yang ditimbulkan jika keracunan timbal yaitu gangguan system pencernaan, gangguan system saraf pusat dan anemia. Gejala awal biasanya ditandai dengan kehilangan nafsu makan, berat badan menurun, konstipasi, lesu, muntah, mudah lelah, dan sakit kepala. Keracunan timbal parah dapat menyebabkan muntah, ataksi, gangguan penglihatan, peningkatan darah rendah, dan koma (Dreisbach dan Robertson, 1994).

2.5. FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)*

Secara umum, spektroskopi FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* pada prinsipnya menyerupai dengan spektroskopi infra merah, perbedaannya yaitu pada spektroskopi FTIR ditambahkan alat optic (*Fourier Transform*) untuk menghasilkan spektra yang lebih baik, sehingga spektroskopi FTIR dapat menghasilkan puncak yang diinginkan, dimana dengan spektroskopi inframerah puncak tersebut tidak muncul (Khan, et al, 2002).

Penggunaan spektroskopi FTIR untuk analisa banyak digunakan untuk identifikasi suatu senyawa. Hal ini disebabkan spektrum FTIR suatu senyawa (misalnya senyawa organik) bersifat khas, artinya senyawa yang berbeda akan mempunyai spektrum yang berbeda pula. Vibrasi ikatan kimia pada suatu molekul menyebabkan pita serapan hampir seluruhnya di daerah spektrum IR yakni 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} (Khan,et al., 2002). Instrumen FTIR dapat memiliki resolusi yang sangat tinggi (0.001 cm^{-1}). Teknik ini memberikan beberapa keuntungan, yaitu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

relatif lebih cepat, sampel tidak perlu murni, dan tingkat ketelitian tinggi (Sugita, 2009).

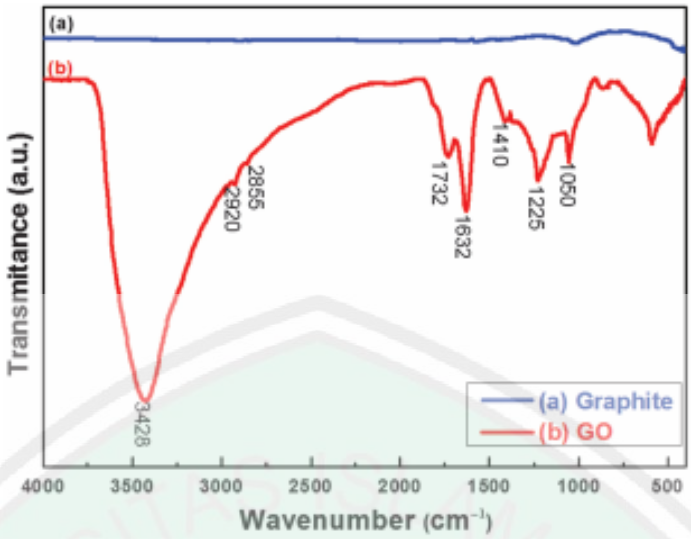
Spektroskopi FTIR berfungsi untuk menentukan beberapa jenis analisis, diantaranya yaitu untuk mengidentifikasi material yang belum diketahui, untuk menentukan struktur gugus fungsional suatu molekul, untuk menentukan kualitas dari sampel, dan dapat digunakan untuk menentukan jumlah komponen di dalam campuran (Sugita, 2009).

Tabel 2.2 Pita Serapan Uji FTIR (Muhiddin, 2019):

No.	Pita Serapan (bilangan gelombang cm^{-1})	Keterangan
1	3200-3600	O-H
2	1690-1760	C=O
3	1500-1600	C=C
4	1340-1470	C-H
5	1050-1300	C-O

Identifikasi pita absorpsi khas yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar penafsiran spektrum inframerah. Hadirnya sebuah puncak serapan dalam daerah gugus fungsi dalam sebuah spektrum inframerah hampir selalu merupakan petunjuk pasti bahwa beberapa gugus fungsi tertentu terdapat dalam senyawa cuplikan. Demikian pula, tidak adanya puncak dalam bagian tertentu dari daerah gugus fungsi sebuah spektrum inframerah biasnya berarti bahwa gugus tersebut yang menyerap pada daerah itu tidak ada (Pine, 1980).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



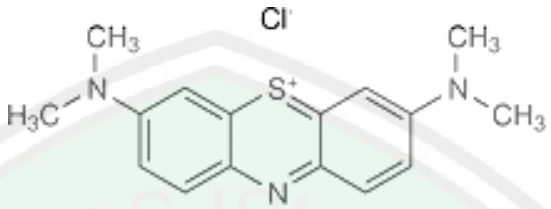
Gambar 2.4 Hasil Uji FTIR Grafit dan GO (Bera.M dkk, 2018)

2.6. Penentuan Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi *Methylene Blue*

Adsorpsi *methylene blue* dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi pada biomassa, karbon aktif dan zeolite. Kemampuan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben untuk menyerap larutan berwarna dan juga dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan pada adsorben. Selain itu, dapat digunakan untuk menentukan kemampuan mengadsorpsi senyawa organik yang mengkontaminasi larutan (Hartini, 2014). *Methylene blue* yang mempunyai warna komplementer berupa warna biru mempunyai spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah visibel yaitu antara 500-700 nm, sehingga pada penentuan panjang gelombang maksimumnya digunakan range pada daerah panjang gelombang tersebut (Day dan Underwood, 2002). Rumus molekul *methylene blue* yaitu $C_{16}H_{18}N_3SCI.3H_2O$ (Sax dan Leis, 1987). *Methylene blue* memiliki berat 319,85 g/mol dan tiap molekul memiliki luas permukaan 120 Å. Sifat-sifat dari

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

methylene blue antara lain tidak berbau, stabil dalam udara, larut terhadap air, alkohol dan kloroform. Hasil dari proses ini dapat diukur dengan kolorimeter atau spektrofotometer (Ardizzone dkk, 1993). Adapun struktur dari *methylene blue* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Struktur *Methylene Blue* (Fajarwati dkk, 2001)

Pengabsorpsian sinar UV-Vis oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron bonding, maka panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada dalam molekul yang sedang diselidiki. Spektrum UV-Vis yang merupakan korelasi absorban (sebagai ordinat dan panjang gelombang sebagai absis merupakan pita spektrum). Rentang pembacaan absorban dan transmitan. Apabila radiasi elektromagnetik dilewatkan pada suatu larutan dengan intensitas radiasi semula, maka sebagian radiasi tersebut akan diteruskan, dipantulkan, dan diserap. Namun intensitas sinar yang dipantulkan dapat diabaikan karena pengerjaan dengan spektro menggunakan larutan pembanding sebagai standar (Fessenden, 1997).

Spektrofotometri UV-Vis juga dapat digunakan untuk mengetahui luas permukaan suatu zat dengan memanfaatkan proses adsorpsi *methylene blue*. Menurut Alberty dan Daniel (1987), adsorpsi merupakan fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

adalah bahan-bahan yang memiliki pori karena adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam adsorben. Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*) (Oscik, 1982). Energi yang menyertai fisisorpsi tergolong rendah yaitu berkisar antara 10 kJ/mol dan lebih rendah dari energi adsorpsi kimia (Adamson dan Gast, 1997). Pada adsorpsi kimia terjadi pembentukan dan pemutusan ikatan, sehingga energi adsorpsinya berada pada kisaran yang sama dengan reaksi kimia. Ikatan antara adsorben dan adsorbat cukup kuat sehingga tidak terjadi spesiasi karena zat teradsorpsi menyatu dengan adsorben membentuk lapisan tunggal dan relative reversible. Batas minimal suatu adsorpsi dikategorikan sebagai kemisorpsi memiliki harga energi adsorpsi sebesar 20,92 kJ/mol (Adamson dan Gast, 1997). Energi yang menyertai adsorpsi kimia relative tinggi yaitu berkisar 42-420 kJ/mol. Hal ini diperkuat oleh studi spektroskopi bahwa terjadi transfer elektron dan terbentuk ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Luas permukaan adsorben dapat dihitung dengan rumus (Gandjar, 2007):

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M} \qquad (2.9)$$

Keterangan:

S = Luas permukaan spesifik (m^2/g)

X_m = *Methylene blue* terserap oleh 1 gram adsorben (mg/g)

A = Luas permukaan 1 molekul *methylene blue* ($197{,}2 \times 10^{-20}$ m^2)

N = Bilangan Avogadro ($6{,}02 \times 10^{23}$ molekul/mol)

M = Massa molekul *methylene blue* (320 g/mol)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.7. AAS *(Atomic Absorption Spektrometry)*

Atomic Absorption Spectrometry (AAS) adalah salah satu metode spektrofotometer yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif logam-logam dalam jumlah renik. Alat ini sangat peka untuk analisa logam yang berukuran kecil (kurang dari 1 ppm) dan pelaksanaanya relative sederhana dapat digunakan untuk berbagai macam bentuk sampel baik berupa cairan atau material biologis. Metode AAS berprinsip pada absorbansi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya dan hanya pada gelombang tertentu atom dapat tereksitasi dan mengabsorbsi sinar (Ismail, 2003).

Pada garis besarnya, instrumentasi untuk spektrofotometer serapan atom terdiri dari 5 bagian utama, yaitu sumber sinar, system pengatoman, monokromator, detektor dan system pembacaan (Khopakar, 2003). Cara kerja spektrofotometer serapan atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorbsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Suryati, 2011).

2.8. Kajian Integrasi Islam

Karbon merupakan unsur yang melimpah dan mudah ditemukan di alam semesta. Kandungan karbon banyak terdapat dalam limbah pertanian, peternakan, maupun perkebunan. Dalam limbah perkebunan, karbon bisa didapatkan dengan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

melalukan pemanasan terhadap biji pinus, kemudian diberikan perlakuan untuk menghasilkan suatu material baru dengan manfaat yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan firman Allah (Q.s. Al-Baqarah: 22) yang menyatakan bahwa tumbuhan diciptakan untuk diambil manfaatnya.

ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ فِرَٰشًا وَٱلسَّمَآءَ بِنَآءً وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجَ بِهِۦ مِنَ ٱلثَّمَرَٰتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ فَلَا تَجْعَلُوا۟ لِلَّهِ أَندَادًا وَأَنتُمْ تَعْلَمُونَ

Artinya: *"Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezeki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui"* (Q.s. Al-Baqarah: 22).

Penggalan beberapa ayat surat Al-Baqarah diatas menjelaskan bahwa Allah menciptakan tumbuhan untuk diambil manfaatnya. Banyak bagian dari tumbuhan yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah buah-buahan untuk dimakan dan biji dimanfaatkan untuk pembuatan barang-barang baru yang memiliki nilai komersil lebih, seperti: kalung, gelang, dan kerajinan lainnya. dalam bidang ilmuwan biji dapat digunakan untuk membuat material bari seperti karbon, grafena, dan turunan sejenisnya.

Biji-bijian membutuhkan beberapa perlakuan khusus untuk menghasilkan suatu material baru. Hal ini telah dijelaskan dalam Q.S. Al-Kahfi: 96):

ءَاتُونِى زُبَرَ ٱلْحَدِيدِ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ ٱلصَّدَفَيْنِ قَالَ ٱنفُخُوا۟ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَا جَعَلَهُۥ نَارًا قَالَ ءَاتُونِىٓ أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا

Artinya: *"Berilah aku potongan-potongan besi". Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: "Tiuplah (api itu)". Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu" (Q.s. Al-Kahfi: 96).

Firman Allah di atas menunjukkan bahwa segala sesuatu bahan apapun itu akan menjadi barang berguna jika diolah dengan baik Hal tersebut dapat kita ambil contoh dari kalimat yang memiliki arti berikut "…*Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu".* Ayat tersebut menjelaskan bahwa dari bahan dasar besi yang diolah dengan cara meleburkannya dalam api dan memasukkan tembaga akan menghasilkan material baru yang berguna. Hal tersebut juga berlaku untuk pembuatan material karbon aktif berbahan dasar biji pinus. Biji pinus perlu diberi perlakuan seperti pemanasan dan proses aktivasi agar menghasilkan material karbon aktif dengan sifat fisis yang baik.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen untuk membuat karbon aktif dari biji pinus. Proses yang dilakukan yaitu karbonisasi, aktivasi kimia, aktivasi fisika dan karakterisasi. Karakterisasi sampel menggunakan FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*), UV-Vis, dan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*).

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2020 sampai September 2020, di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* dan UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia, Jurusan Kimia, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) dilakukan di Laboratorium Kimia, Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Furnace*
2. *Magnetic stirrer*
3. *Hot plate*
4. *Krusibel*
5. Ayakan 200 mesh

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

6. Gunting
7. *Mortar dan alu*
8. *Beaker glass*
9. *Alumunium foil*
10. Spatula
11. Botol sampel
12. Oven
13. Neraca digital
14. Gelas ukur
15. Pipet
16. pH meter
17. *Erlenmeyer shaker*

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Biji pinus
2. KOH
3. Aquades
4. Aquabides
5. $Pb(NO_3)_2$
6. *Methylene blue*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.3.3 Alat Karakterisasi

Alat karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*)
2. Spektrofotometer UV-Vis
3. AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometry*)

3.4 Variabel Penelitian

Variabel sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari biji pinus yaitu penambahan variasi konsentrasi 1 M, 1.5 M, 2 M, 2.5 M, 3 M, 3.5 M dan 4 M KOH (variabel bebas), karbon biji pinus, timbal ($Pb(NO_3)_2$), dan *methylene blue* (variabel terikat).

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap kegiatan yaitu sintesis karbon dari biji pinus, sintesis material karbon aktif, aktivasi kimia dengan variasi konsentrasi KOH, aktivasi fisika, pembuatan larutan timbal (Pb), dan karakterisasi material.

3.5.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Biji Pinus (Sahara dkk, 2019)

1. Biji pinus dicuci sampai bersih, kemudian dipotong kecil-kecil dan dijemur hingga kering.
2. Biji pinus dikarbonisasi dengan suhu 500^o C selama 2 jam untuk menghasilkan arang (karbon). Setelah itu, karbon biji pinus digerus dan disaring mengunakan ayakan ukuran 200 mesh.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Sebanyak 15 gram karbon biji pinus dan butiran KOH konsentrasi 1 M (8,4 g), 1.5 M (12,6 g), 2 M (16,8 g), 2.5 M (21 g), 3 M (25,2 g), 3.5 M (29,4 g), 4 M (33,6 g) dimasukkan ke dalam aquades 150 ml (tiap variasi konsentrasi KOH).
4. Campuran karbon biji pinus dan KOH diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm dan suhu 200^{o} C hingga kering.
5. Karbon dimasukkan ke dalam oven hingga kering dengan suhu 100^{o}C selama 1 jam agar kadar air dalam sampel benar-benar terevaporasi.
6. Campuran karbon dan KOH yang telah kering, dikarbonisasi dengan suhu 400^{o}C selama 1 jam menggunakan udara terbuka.
7. Karbon biji pinus dibilas menggunakan aquades hingga pH netral. Kemudian, karbon digerus kembali hingga benar-benar halus.
8. Karbon biji pinus dianalisa menggunakan FTIR dan UV-Vis.

3.5.2 Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue*

1. Penentuan panjang gelombang maksimum *methylene blue*

   Larutan *methylene blue* (MB) 16 ppm diukur pada panjang gelombang 600-680 nm dengan spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dianalisis spektranya. Panjang gelombang yang memberikan serapan maksimum merupakan panjang gelombang maksimum.

2. Pembuatan kurva baku

   Dibuat seri larutan baku *methylene blue* dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16 ppm dan diukur absorbansi setiap konsentrasi dengan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dibuat kurva hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi.

3. Penentuan waktu absorbsi optimum

   Sebanyak 0,05 g karbon dimasukkan ke dalam tabung *erlenmeyer shaker*. Kemudian ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Selanjutnya, dikocok dengan *erlenmeyer shaker* dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit pada 150 rpm. Campuran disaring dan filtrate diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

4. Penentuan luas permukaan spesifik

   Sebanyak 0,05 g karbon dimasukkan ke dalam tabung *erlenmeyer shaker*. Kemudian ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Selanjutnya, dikocok dengan *erlenmeyer shaker* pada 150 rpm selama waktu optimum yang dihasilkan. Campuran disaring dan filtrate diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

3.5.3 Proses Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Larutan Timbal

1. Disiapkan serbuk timbal ($Pb(NO_3)_2$) sebanyak 0,3 gram dan aquabides sebanyak 1000 ml.
2. Dicampur serbuk timbal ($Pb(NO_3)_2$) dengan aquabides kedalam labu ukur dan diaduk hingga homogen, labu ukur ditutupi dengan *alumunium foil* agar tidak terpapar sinar.
3. Disiapkan 2 gram karbon aktif biji pinus dan 50 ml larutan timbal ($Pb(NO_3)_2$) 300 ppm yang telah diencerkan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Dicampur karbon aktif dari biji pinus kedalam 50 ml larutan timbal ($Pb(NO_3)_2$) 300 ppm dan diaduk menggunakan *magnetik stirrer* (suhu 35^oC dengan kecepatan 200 rpm selama 15 menit).
5. Setelah diaduk, larutan tersebut didiamkan dengan variasi waktu 0, 24, dan 48 jam.
6. Diulangi langkah 3-5 pada setiap konsentrasi aktivator KOH.
7. Dipisahkan larutan tanpa karbon dan dianalisa menggunakan AAS.

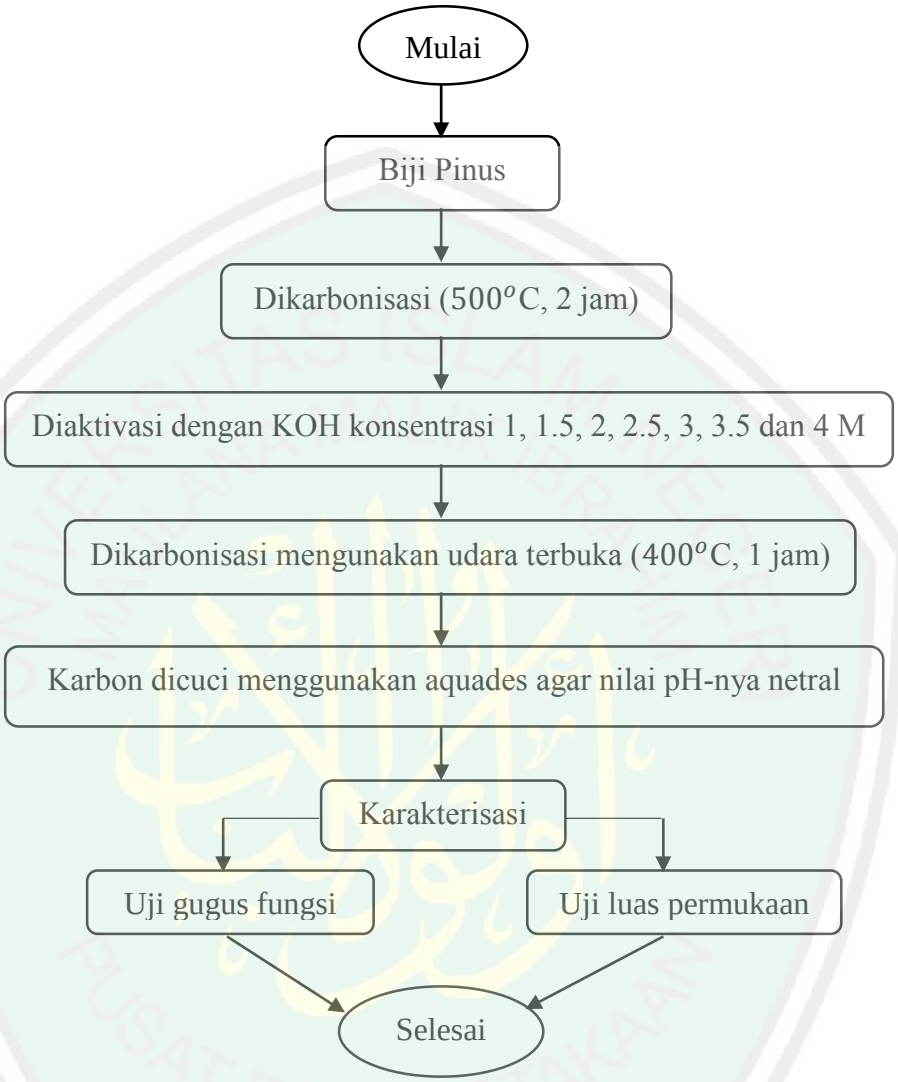
3.5.4 Karakterisasi Sampel

1. Sampel diuji menggunakan FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* untuk mengetahui gugus fungsi karbon aktif dari biji pinus.
2. Sampel yang menggunakan metode *methylene blue* diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif dari biji pinus.
3. Sampel diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) untuk mengetahui daya serap karbon aktif terhadap adsorbat timbal (Pb)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

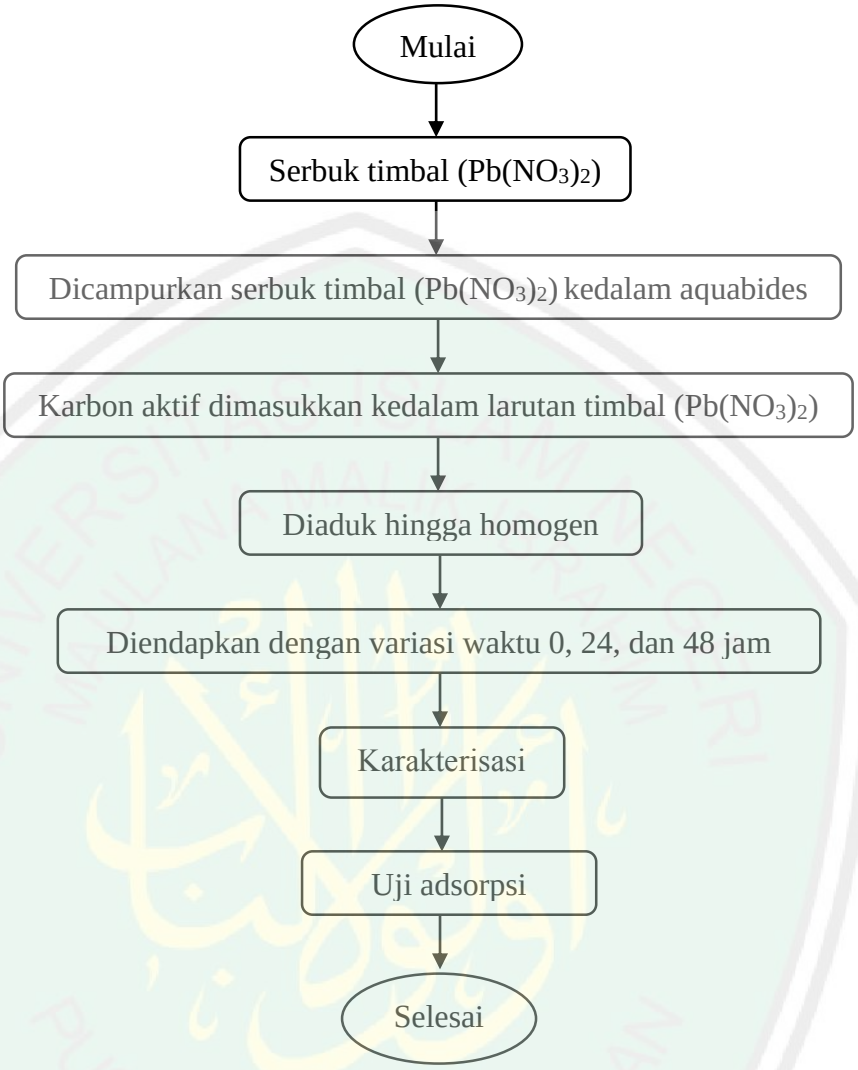
3.6. Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Diagram Alir Sintesis Karbon Aktif dari Biji Pinus



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.6.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Limbah Timbal (Pb)



3.7 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data karakterisasi dari FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*), Spektrofotometer UV-Vis, dan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Menggunakan FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* untuk mengetahui gugus fungsinya, Spektrofotometer UV-Vis untuk menganalisis luas permukaan karbon dari biji pinus dengan metode *methylene blue* dan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) untuk menganalisis kadar limbah timbal (Pb).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.7.1 Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif Biji Pinus Menggunakan FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*)

FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)* digunakan untuk menganalisa (hasil spektrum) identifikasi karakteristik gugus fungsi dari biji pinus sebelum dan sesudah teraktivasi. Sampel yang dianalisis menggunakan FTIR adalah serbuk karbon aktif dari biji pinus sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi menggunakan KOH dengan beberapa variasi konsentrasi. Hasil pengujian didapatkan data transmitan, lalu diplotkan kedalam grafik dan ditandai bagian lembah (konsentrasi) untuk dicocokan data *sheet* sehingga mengetahui gugus fungsinya sampel tersebut.

3.7.2 Analisis Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue*

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data pengujian larutan *methylene blue* yang telah dicampur dengan karbon aktif biji pinus. Analisa data dilakukan dengan menggunakan pengujian UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi, sehingga dapat menentukan luas permukaan dari sampel karbon aktif biji pinus.

Menentukan luas permukaan sempel menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\mathrm{Abs} = \mathrm{ax} \pm \mathrm{b} \tag{3.1}$$

$$\mathrm{Xm} = \frac{\mathrm{C}}{1000} . \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{B}} \tag{3.2}$$

$$\mathrm{S} = \frac{\mathrm{Xm.N.A}}{\mathrm{Mr}} \tag{3.3}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.1 Data Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Sampel	KOH 1 M	KOH 1.5 M	KOH 2 M	KOH 2.5 M	KOH 3 M	KOH 3.5 M	KOH 4 M
Luas Permukaan							

3.7.3 Analisis Kadar Limbah Timbal (Pb) Menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data pengujian adsorpsi. Karbon aktif dari biji pinus dicampur dengan larutan timbal (Pb), kemudian dilakukan karakterisasi dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) untuk mengetahui kadar timbal (Pb) dalam sampel dengan variasi waktu kontak.

Menentukan kadar timbal yang telah teradsorpsi karbon menggunakan persamaan ini:

$$Pb_{(\text{yang terserap})} = Pb_{(\text{awal})} - Pb_{(\text{akhir})} \quad (3.4)$$

$$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb awal}} \times 100\% \quad (3.5)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.2 Data Hasil AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)

Sampel	Waktu	Pb awal (ppm)	Pb akhir (ppm)	Pb teradsorpsi (ppm)	Adsorpsi (%)
KOH 1 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 1.5 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 2 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 2.5 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 3 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 3.5 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				
KOH 4 M	0 jam				
	24 jam				
	48 jam				

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian mengenai pembuatan karbon aktif ini terdiri dari proses karbonisasi dan aktivasi. Hasil dari pembuatan karbon aktif, kemudian diidentifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR *(Fourier Transform-Infra Red)*. Menganalisis luas permukaan karbon aktif menggunakan metode penyerapan *methylene blue* dibantu dengan alat spektrofotometer UV-Vis. Mengetahui kemampuan penyerapan karbon aktif digunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) untuk menganalisis kadar limbah timbal (Pb).

4.1.1 Preparasi Karbon Aktif Biji Pinus

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan memanfaatkan bahan dasar biji pinus dengan menggunakan 2 metode, yaitu aktivasi fisika dan kimia (KOH). Perbandingan komposisi karbon dan larutan KOH yaitu 1:10. Biji pinus dicuci menggunakan air untuk menghilangkan kotoran (tanah) yang menempel dan dikeringkan di bawah sinar matahari untuk meminimalisir kandungan air dan mencegah tumbuhnya bakteri pada waktu pemanasan. Pemanasan biji pinus menggunakan *furnace* dilakukan pada temperatur 500^oC selama 2 jam, sehingga biji pinus terkarbonisasi secara merata. Pemanasan biji pinus bertujuan untuk menghilangkan zat-zat mudah menguap (*Volatil matter*) dan mengurai senyawa hemisellulosa, sellulosa, dan lignin yang terkandung pada bahan dasar. Selain itu, pembentukan karbon terjadi pada suhu 400 - 600^o C (Haniffudin, 2013). Massa karbon yang telah dipanaskan dapat dihitung menggunakan persamaan (4.1) yaitu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

massa karbon setelah dipanaskan dibagi massa karbon sebelum dipanaskan. Setelah itu, dikali 100% untuk mendapatkan nilai yield (%) massa karbon (Erlina dkk, 2015). Didapatkan yield massa karbon sebesar 27,62 %.

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} x\ 100\% \qquad (4.1)$$

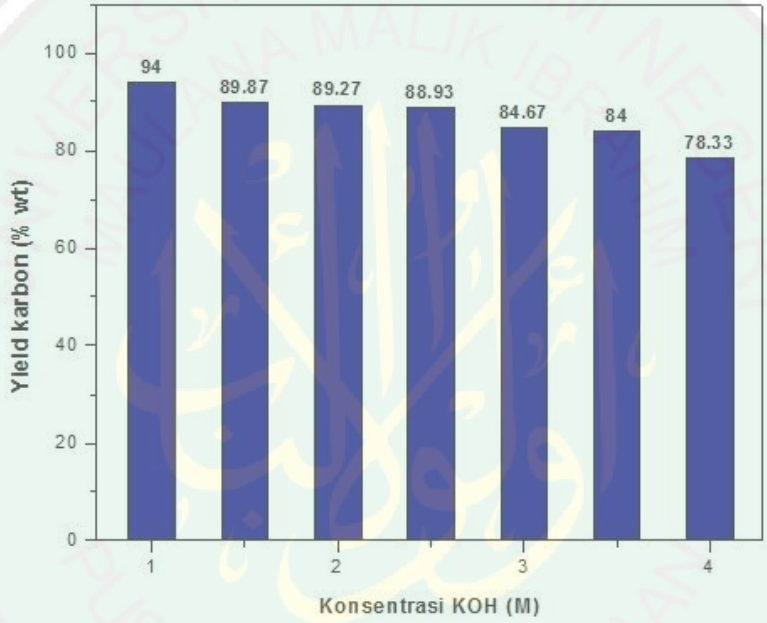
Karbon dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh bertujuan untuk memudahkan proses aktivasi karena ukuran dari karbon yang homogen. Butiran KOH konsentrasi 1 M (8,4 g), 1.5 M (12,6 g), 2 M (16,8 g), 2.5 M (21 g), 3 M (25,2 g), 3.5 M (29,4 g), dan 4 M (33,6 g) dimasukkan ke dalam larutan aquades 150 ml (tiap variasi konsentrasi KOH). Diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm (suhu ruang) selama 15 menit hingga larutan KOH homogen. Sebanyak 15 gram karbon dimasukan pada tiap larutan KOH variasi konsentrasi. Diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm dan suhu 200^{o} C hingga kering. Selanjutnya, karbon dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100^{o}C selama 1 jam sampai kering, sehingga kadar air dalam sampel terevaporasi dengan sempurna. Campuran karbon dan KOH yang telah kering, dipanaskan menggunakan *furnace* dengan suhu 400^{o}C selama 1 jam pada udara terbuka. Perlakuan tersebut bertujuan untuk menghilangkan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lainnya. Sehingga, dapat memperbesar diameter pori yang telah terbentuk. Karbon dibilas menggunakan aquades hingga pH netral dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100^{o}C selama 2 jam sampai kering. Karbon digerus kembali dengan ukuran 200 mesh hingga homogen. Hasil

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pemanasan dapat dihitung menggunakan persamaan (4.1) dan ditunjukkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.1

Tabel 4.1 Yield Karbon

konsentrasi KOH (M)	Yield karbon (%wt)
1	94
1.5	89.87
2	89.27
2.5	88.93
3	84.67
3.5	84
4	78.33



Gambar 4.1 Yield Masaa Karbon

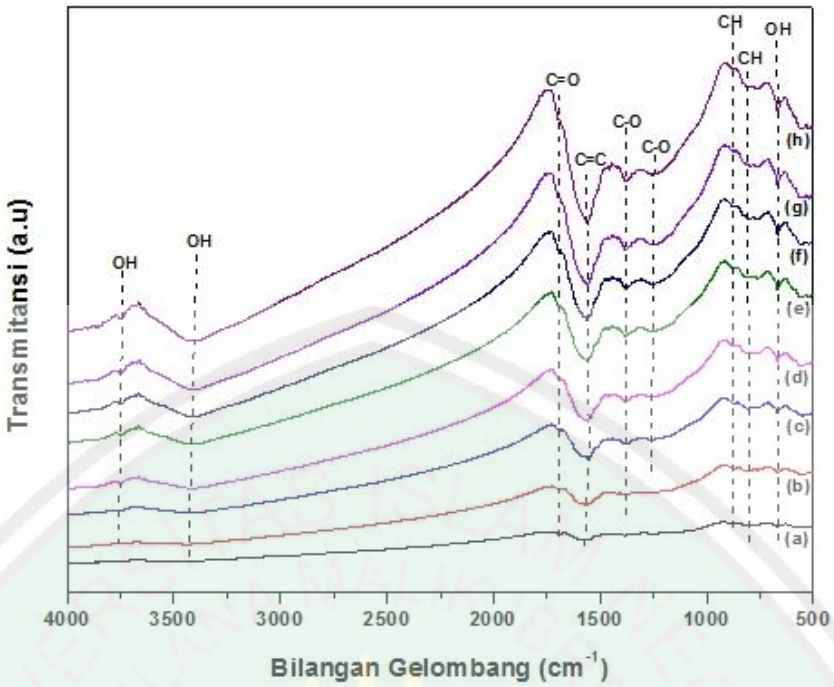
Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan antara yield karbon dengan konsentrasi aktivator KOH. Yield massa karbon tanpa konsentrasi aktivator KOH didapatkan nilai sebesar 27,62%. Semakin besar penambahan konsentrasi KOH maka yield karbon semakin menurun.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.1.2 Analisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Analisa gugus fungsi yang terbentuk menunjukkan keberadaan unsur atau senyawa yang disintesis pada sampel dan dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*). Data hasil yang digunakan adalah panjang gelombang dan transmitansi yang dihasilkan pada setiap sampel yang diuji. Panjang gelombang dari FTIR menunjukkan vibrasi struktur kimia yang terkandung dalam sampel, sedangkan transmitansi menunjukkan korelasi linier dengan variasi komposisi dari sampel. Sampel yang diujikan berupa serbuk karbon biji pinus yang diaktivasi dengan KOH. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil dari uji FTIR dengan menggunakan *range* bilangan gelombang 500-4000 cm^{-1} diolah menggunakan Origin sehingga menghasilkan suatu grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan dijelaskan secara rinci pada tabel 4.2

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.2 Spektrum FTIR Sampel (a) Karbon (b) Karbon Aktif dengan Konsentrasi 1 M KOH (c) Konsentrasi 1.5 M KOH (d) Konsentrasi 2 M KOH (e) Konsentrasi 2.5 M KOH (f) Konsentrasi 3 M KOH (g) Konsentrasi 3.5 M KOH (h) Konsentrasi 4 M KOH.

Gambar 4.2 menunjukkan terdapat 8 puncak serapan yang teridentifikasi. Vibrasi dari ikatan gugus fungsi OH *hydroxyl* terdapat pada bilangan gelombang 3425,57 - 3400,49 cm^{-1} dan 3753,46 - 3739,97 cm^{-1}. Pada bilangan gelombang 1695,43 terdapat ikatan gugus fungsi C=O *carbonyl*. Sedangkan gugus fungsi C=C *aromatic* terdapat pada bilangan gelombang 1568,12 - 1562,33 cm^{-1}. Pada bilangan gelombang 1255,65 - 1247,95 cm^{-1} dan 1381,03 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan gugus fungsi C-O *carboxyl acid*. Ikatan gugus fungsi C-H aromatic terdapat pada bilangan gelombang 806,24 cm^{-1} dan 879,53 cm^{-1}. Pada bilangan gelombang 663,51 - 669,29 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan gugus fungsi OH *alcohols*.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.2 Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel Hasil Spektrum FTIR

KOH (M)	**Bilangan gelombang (cm^{-1})**					
0	– –	1695,43	1568,12	– –	806,24 –	663,51
1	3425,57 3753,46	1695,43	1562,33	– 1381,03	806,24 879,53	663,51
1,5	3425,57 3753,46	1695,43	1554,62	1255,65 1381,03	806,24 879,53	665,43
2	3417,85 3753,46	1695,43	1552,69	1255,65 1381,03	806,24 879,53	665,43
2,5	3413,99 3753,46	1695,43	1556,55	1255,65 1381,03	806,24 879,53	665,43
3	3408,21 3745,75	1695,43	1556,55	1255,65 1381,03	806,24 879,53	665,43
3,5	3408,21 3743,82	1695,43	1558,48	1249,87 1381,03	806,24 879,53	665,43
4	3400,49 3739,97	1695,43	1562,33	1247,95 1381,03	806,24 879,53	669,29
Gugus fungsi	OH *hydroxyl*	C=O *carbonyl*	C=C *aromatic*	C-O *carboxyl-ic acid*	C-H *aromat-ic*	OH *alcohols*

4.1.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue*

Analisa penentuan luas permukaan karbon menggunakan metode adsorpsi *methylene blue*. Sampel dikarakterisasi menggunakan UV-Vis untuk mengetahui luas permukaan karbon dengan memanfaatkan sifat karbon aktif sebagai adsorben. Luas permukaan karbon menjadi tolak ukur kemampuan karbon aktif dalam menyerap *methylene blue*. Pengujian UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Karbon sebanyak 0.05 g dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Kemudian diberi 20 ml larutan *methylene blue* 16 ppm dan dikocok hingga homogen. *Beaker glass* ditutup dengan alumunium foil supaya *methylene blue* tidak terkontaminasi sinar matahari. Pada proses pencampuran antara karbon aktif sebagai adsorben dan larutan *methylene blue* sebagai adsorbat terjadi interaksi adsorpsi. Selama berlangsungnya proses adsorpsi, larutan *methylene blue* terserap pada permukaan karbon aktif. Proses adsorpsi ditandai dengan perubahan warna pada larutan *methylene blue* yang awal mula berwarna biru muda menjadi bening seperti air. Nilai konsentrasi *methylene blue* sebelum dan sesudah diberi karbon aktif diuji menggunakan UV-Vis. Data hasil karakterisasi UV-Vis berupa nilai absorbansi. Nilai tersebut dimasukkan kepersamaan (4.2) untuk memperoleh nilai konsentrasi *methylene blue* yang tersisa (ppm), sehingga dapat diketahui nilai konsentrasi *methylene blue* yang terserap (ppm) oleh karbon biji pinus. Dari nilai konsentrasi *methylene blue* yang terserap (ppm) oleh karbon dapat dicari nilai Xm dengan menggunakan persamaan (4.3). Dimana Xm merupakan banyaknya *methylene blue* yang terserap dalam 1 gram karbon. Sehingga luas permukaan karbon dapat dihitung menggunakan persamaan (4.4) (Hariati dkk, 2017):

$$\text{Abs} = \text{ax} \pm \text{b} \tag{4.2}$$

$$\text{Xm} = \frac{\text{C}}{1000} . \frac{\text{V}}{\text{B}} \tag{4.3}$$

$$\text{S} = \frac{\text{Xm.N.A}}{\text{Mr}} \tag{4.4}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

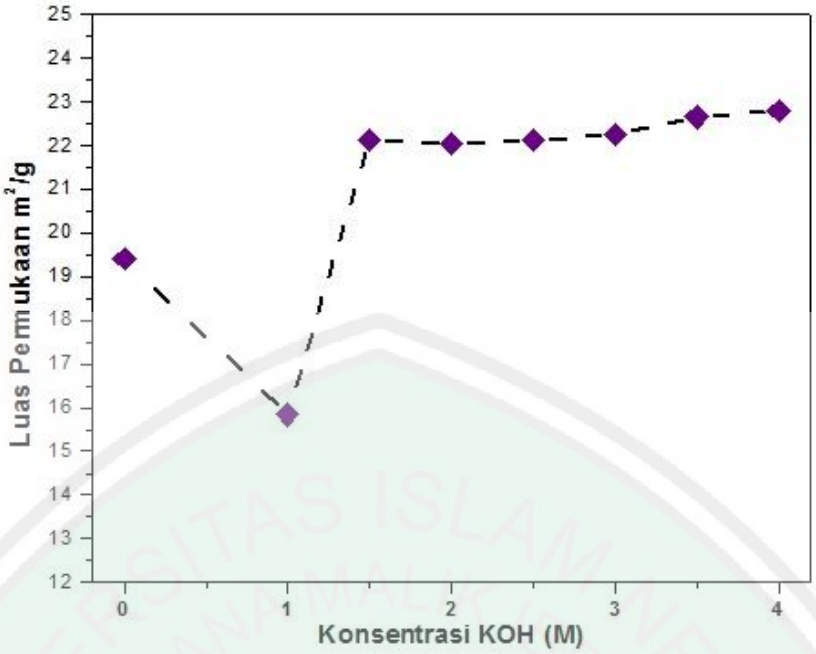
Luas permukaan karbon berbanding lurus dengan banyaknya *methylene blue* yang terserap. Hasil luas permukaan dengan metode adsorpsi *methylene blue* dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH

Sampel karbon biji pinus	Luas permukaan (m^2/g)
KOH 0 M	19,400
KOH 1 M	15,837
KOH 1,5 M	22,134
KOH 2 M	22,048
KOH 2,5 M	22,118
KOH 3 M	22,258
KOH 3,5 M	22,657
KOH 4 M	22,798

Perbandingan antara sampel karbon biji pinus dengan variasi konsentrasi KOH dan nilai luas permukaan karbon ditunjukkan pada tabel 4.3. Nilai luas permukaan terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktivasi KOH 4 M yaitu sebesar 22,79761 m^2/g. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi KOH 4 M dapat meningkatkan luas permukaan karbon lebih optimal dibandingkan dengan tanpa aktivasi maupun menggunakan variasi aktivasi KOH 1, 1.5, 2, 2.5, 3, dan 3.5 M.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.3 Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi KOH berpengaruh terhadap luas permukaan karbon. Semakin besar penambahan konsentrasi KOH maka luas permukaan karbon semakin besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar permukaan pori pada karbon.

4.1.4 Analisa Kadar Limbah Timbal (Pb) Menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)

Karakterisasi AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) dilakukan untuk mengetahui kadar limbah timbal (Pb) yang terserap pada sampel. Lama waktu kontak antara karbon aktif sebagai adsorben dan limbah timbal (Pb) sebagai adsorbat mempengaruhi hasil daya serap. Pengujian AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) dilakukan di Laboratorium Kimia, Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Serbuk timbal sebanyak 0,3 gram dilarutkan kedalam 1000 ml aqubides untuk menghasilkan larutan dengan konsentrasi 300 ppm. Sebanyak 50 ml larutan timbal (Pb) dari 1000 ml larutan timbal 300 ppm dimasukkan ke dalam *beaker glass*. *Beaker glass* ditutup dengan alumunium foil supaya larutan limbah timbal (Pb) tidak terkontaminasi sinar matahari. Kemudian ditambah 2 g karbon dan dikocok menggunakan *magnetik stirrer* (suhu 35^{o}C dengan kecepatan 200 rpm selama 15 menit) hingga homogen. Larutan didiamkan dengan variasi waktu 0, 24, dan 48 jam. Pada proses didiamkan ini, terjadi proses penyerapan limbah timbal (Pb) oleh karbon aktif. Nilai konsentrasi limbah timbal (Pb) sebelum dan sesudah diberi karbon aktif diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Data hasil karakterisasi AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) berupa nilai absorbansi. Nilai tersebut adalah konsentrasi limbah timbal (Pb) yang tersisa (ppm), sehingga dapat diketahui nilai konsentrasi limbah timbal (Pb) yang terserap (ppm) oleh karbon menggunakan persamaan (4.5). Sedangkan, untuk mencari nilai prosentase penyerapan limbah timbal (Pb) menggunakan persamaan (4.6) (Amalia.N, 2015):

$$Pb_{(\text{yang terserap})} = Pb_{(\text{awal})} - Pb_{(\text{akhir})} \quad (4.5)$$

$$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb awal}} \times 100\% \quad (4.6)$$

Penyerapan akan meningkat dengan lamanya waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat hingga mencapai kesetimbangan. Kadar limbah timbal (Pb) yang terserap oleh karbon dapat dilihat pada tabel 4.4

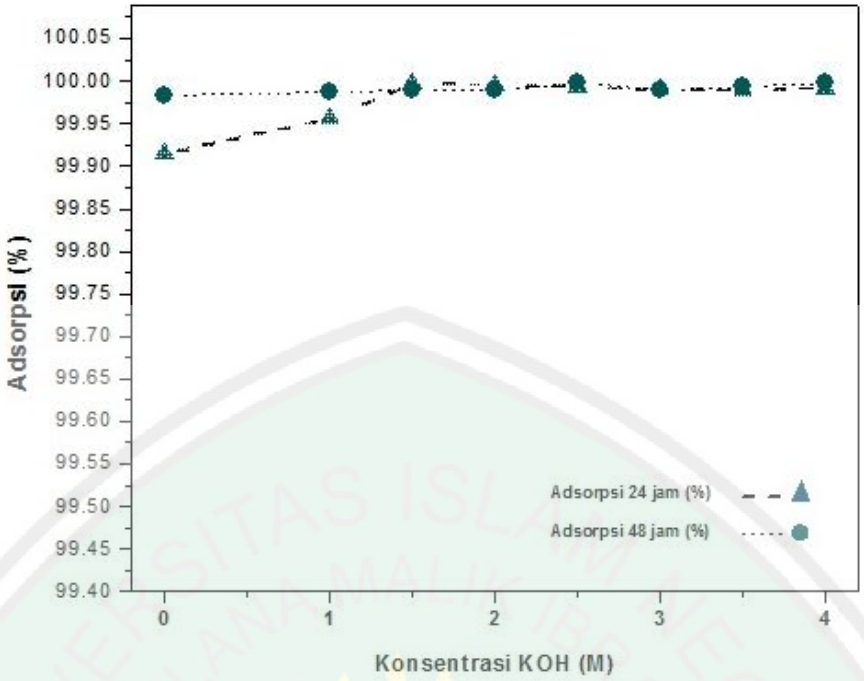
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.4 Kadar Limbah Timbal (Pb) yang Terserap Oleh Karbon.

Sampel	Waktu	Pb awal (ppm)	Pb akhir (ppm)	Pb teradsorpsi (ppm)	Adsorpsi (%)
Kontrol	0 jam	300	300	0	0
C + KOH 0 M	24 jam	300	0,26	299,74	99,91
	48 jam	300	0,05	299,95	99,98
C + KOH 1 M	24 jam	300	0,14	299,86	99,95
	48 jam	300	0,04	299,96	99,98
C + KOH 1.5 M	24 jam	300	0,01	299,99	99,99
	48 jam	300	0,03	299,97	99,98
C + KOH 2 M	24 jam	300	0,02	299,98	99,99
	48 jam	300	0,03	299,97	99,98
C + KOH 2.5 M	24 jam	300	0,02	299,98	99,99
	48 jam	300	0,01	299,99	99,99
C + KOH 3 M	24 jam	300	0,03	299,97	99,98
	48 jam	300	0,03	299,97	99,98
C + KOH 3.5 M	24 jam	300	0,04	299,96	99,98
	48 jam	300	0,02	299,98	99,99
C + KOH 4 M	24 jam	300	0,03	299,97	99,99
	48 jam	300	0,01	299,99	99,99

Penambahan konsentrasi aktivator KOH dan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat berpengaruh terhadap penyerapan limbah timbal (Pb). Penyerapan limbah timbal (Pb) optimum terjadi pada prosentase adsorpsi sebesar 99,99 % pada waktu kontak 24 jam. Sedangkan pada waktu kontak 48 jam, penyerapan limbah timbal (Pb) optimum terjadi pada prosentase adsorpsi sebesar 99,99 % seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.4 Kadar Limbah Timbal (Pb) yang Terserap oleh Karbon.

Gambar 4.4 menunjukkan variasi waktu kontak 24 dan 48 jam antara karbon dan larutan timbal. Karbon tanpa konsentrasi KOH menunjukkan perbedaan hasil adsorpsi (%) pada variasi waktu kontak. Sedangkan hasil adsorpsi (%) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ketika karbon diaktivasi menggunakan aktivator KOH.

4.2 Pembahasan

Biji pinus merupakan salah satu bagian dari pohon pinus yang belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Umumnya biji pinus hanya dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan. Biji pinus mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa organik lainnya yang berpotensi sebagai bahan pembuat karbon aktif. Pembuatan karbon aktif pada penelitian ini berdasarkan variasi konsentrasi aktivator KOH yaitu 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, dan 4 M. Yield aktivasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

karbon didapatkan nilai paling kecil pada penambahan konsentrasi aktivator KOH 4 M yaitu 78.33%. Penambahan konsentrasi aktivator KOH menyebabkan pembentukan struktur pori baru, sehingga berat massa pada karbon semakin ringan. Hal ini juga berpengaruh pada peningkatan luas permukaan pada karbon aktif. Semakin kecil nilai yield yang didapatkan, maka luas permukaan pada karbon aktif semakin besar. Menurut Manullang dkk (2013), penggunaan aktivator larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 7,5% untuk aktivasi karbon biji pinus ternyata memberikan kualitas karakterisasi yang terbaik dibandingkan dengan konsentrasi lainnya (2,5% dan 5,0%). Hal ini terlihat dari nilai kandungan air dan kandungan abu yang rendah serta luas permukaan yang tinggi.

Semakin besar konsentrasi aktivator KOH maka semakin besar degradasi material yang terjadi sehingga nilai yieldnya akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi redoks (penambahan/pelepasan elektron) antara senyawa kalium sebagai reagen pengaktif kimia dengan karbon (J. wangg & Kaskel, 2012). Reaksi yang dapat terjadi antara karbon dan KOH dapat dijelaskan sebagai berikut (J. wangg & Kaskel, 2012):

$$6KOH + 2C \rightarrow 2K + 3H_2 + 2K_2CO_3 \qquad (4.8)$$

Produk yang dihasilkan dari reaksi adalah campuran yang dibentuk oleh karbon yang tersisa, karbonat basa dan hidroksida. Jika karbon hasil reaksi tersebut dicuci, disaring, dan dikeringkan akan menjadi karbon aktif (Solano, 2012). Karena adanya proses pencucian pada karbon, kalium yang dihasilkan dari reaksi antara karbon

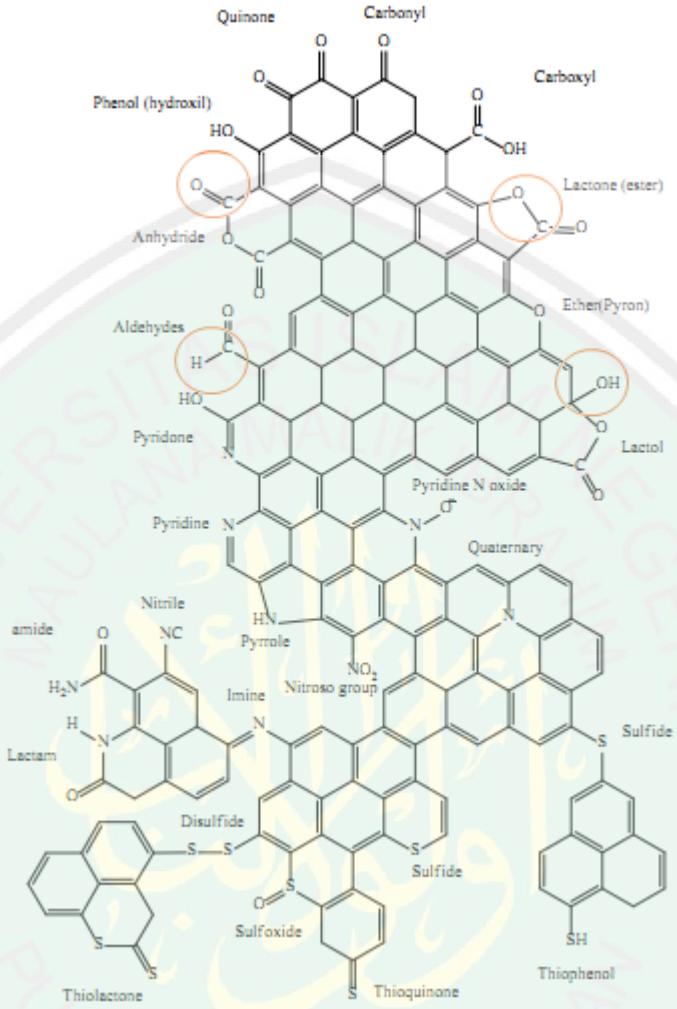
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dan KOH ikut terbuang, sehingga tidak muncul pada spektrum FTIR yang dihasilkan.

Konsentrasi KOH mempengaruhi intensitas serapan pada karbon aktif. Reaksi antara karbon dengan KOH menghasilkan hidroksida, karbonat basa, dan kalium oksida yang teridentifikasi pada hasil spektrum FTIR. Spektrum FTIR pada karbon aktif biji pinus menunjukkan adanya gugus OH *hydroxyl*, C=O *carbonyl*, C-O *carboxylic acid*, C-H *aromatic*, dan OH *alcohols*. Spektrum FTIR pada karbon aktif dari biji pinus menunjukkan gugus OH tidak terlihat intensitas serapan pada karbon tanpa aktivasi. Sedangkan peningkatan ditunjukkan pada intensitas serapan pada bilangan gelombang 3450 - 3400 cm^{-1} yang merupakan daerah gugus fungsi OH, dimana karbon memiliki intensitas paling rendah kemudian meningkat setelah proses aktivasi. Meningkatnya intensitas serapan ini menunjukkan masih terdapat kandungan mineral yang cukup banyak pada karbon aktif (karbon tidak kering). Karbon tanpa aktivasi menunjukkan adanya gugus fungsi C=C *aromatic* dengan menunjukkan adanya intensitas serapan. Sedangkan ketika karbon diaktivasi dengan KOH menunjukkan adanya peningkatan intensitas serapan pada gugus fungsi C=C *aromatic*. Semakin banyak penambahan konsentrasi KOH maka intensitas serapan pada gugus fungsi C=C *aromatic* semakin tinggi yang ditunjukkan pada konsentrasi KOH 4 M. Meningkatnya intensitas serapan gugus fungsi C=C *aromatic* disebabkan jumlah karbon semakin banyak. Karbon aktif yang mengandung gugus C=C dapat meningkatkan nilai daya adsorpsi terhadap *iodium* (Manullang dkk, 2013). Adanya intensitas serapan gugus C-O menunjukkan bahwa karbon berikatan dengan oksigen, hal tersebut dikarenakan pada waktu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pemanasan karbon teroksidasi. Gugus tersebut merupakan ikatan senyawa khas pada karbon aktif sesuai dengan gambar 4.5



Gambar 4.5 Gugus Fungsi Oksigen, Sulfur, Nitrogen Pada Permukaan Karbon Aktif (Jahromi, 2019)

Gugus fungsi yang terlihat jelas dari spektra adalah alkohol, aromatik, dan eter. Hal ini disebabkan pada biji pinus teraktivasi yang sebagian besar mengalami pergeseran panjang gelombang sedikit lebih rendah pada setiap gugus fungsi yang muncul.

Variasi konsentrasi aktivator KOH dapat mempengaruhi pada luas permukaan karbon aktif. Luas permukaan karbon merupakan karakteristik penting

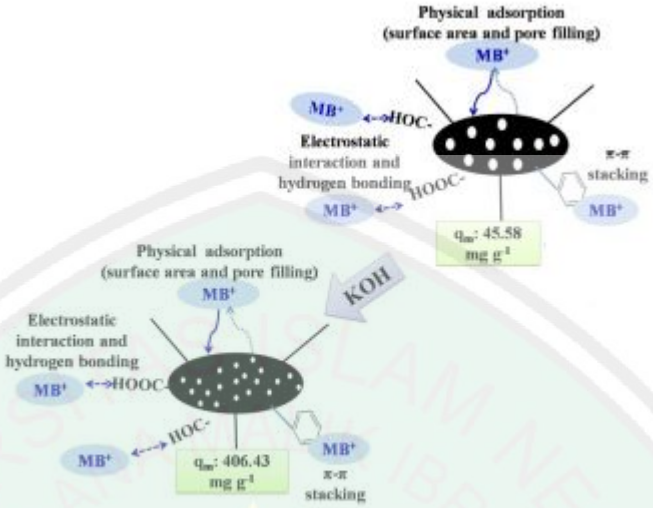
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dalam penggunaan karbon aktif sebagai adsorben. Karbon biji pinus memilki nilai luas permukaan yaitu 19,400 m^2/g. Sedangkan karbon yang teraktivasi KOH konsentrasi 1.5 - 4 M memiliki nilai luas permukaan yang relatif sama yaitu sekitar 22 m^2/g. Hal ini menandakan bahwa aktivasi KOH dapat meningkatkan luas permukaan pori karbon jika dibandingkan dengan tanpa dilakukannya aktivasi. Pada karbon aktivasi KOH 1.5 - 4 M terbentuk pori yang lebih banyak dibanding dengan tanpa aktivasi, sehingga luas permukaan pori pada karbon aktif mengalami peningkatan. Kenaikan luas permukaan pori pada karbon aktif ini disebabkan karena aktivator KOH dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori. Pengotor pada pori dapat menghambat proses adsorpsi. Melarutnya pengotor dari karbon mengakibatkan pori-porinya menjadi lebih terbuka dan jumlahnya lebih banyak. Sedangkan karbon aktivasi KOH 1 M tidak mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena kecilnya konsentrasi KOH menyebabkan proses aktivasi yang tidak efektif sehingga aktivator KOH tidak dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori dan mengakibatkan pori yang terbentuk sedikit dan luas permukaan pori pada karbon kecil.

Penentuan luas permukaan karbon aktif ini menggunakan pendekatan setiap 1 molekul *methylene blue* yang mengisi volume pori karbon aktif yaitu sebesar $197{,}2 \times 10^{-20}$ m^2. Dalam setiap satu mol terdiri atas $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul sesuai dengan bilangan Avogadro, sehingga dengan menggunakan pendekatan ini dapat diketahui luas permukaan karbon aktif dengan banyaknya *methylene blue* yang terserap dalam pori-pori karbon aktif (Hartini. L, 2014). Mekanisme adsorpsi *methylene blue* ke dalam karbon aktif mengacu pada daya tarik elektrostatik, pertukaran ion,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

reaksi kimia, serta perilaku secara fisik (Fan. S. dkk, 2016). Seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Mekanisme Interaksi antara Pori dengan *Methylene Blue* oleh Aktivator KOH (Liu.L dkk, 2019)

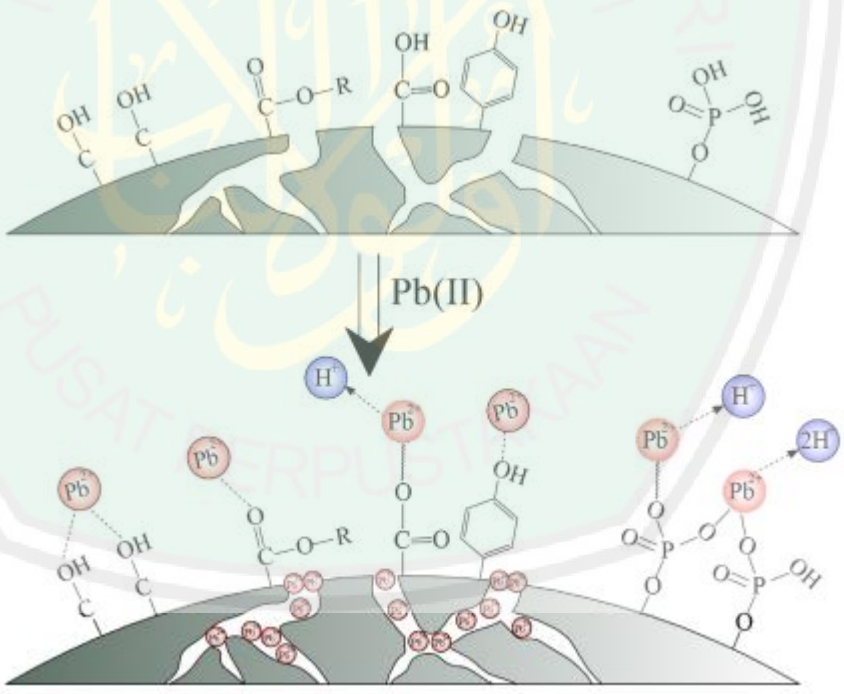
Gambar 4.6 menunjukkan interaksi pori dengan *methylene blue* menggunakan aktivator KOH. Pada gambar terlihat bahwa aktivator KOH mengakibatkan bertambahnya pori yang berukuran kecil. Semakin banyak pori yang terbentuk pada karbon aktif maka kapasitas adsorpsinya semakin besar.

Penambahan konsentrasi KOH pada saat proses aktivasi mempengaruhi adsorpsi limbah timbal (Pb) pada karbon aktif. Pada percobaan ini, karbon tanpa aktivasi dengan waktu kontak 24 dan 48 jam mendapatkan nilai prosentase adsorpsi sebesar 99%. Begitu pun juga, karbon dengan aktivasi mendapatkan nilai prosentase adsorpsi sebesar 99% pada waktu kontak 24 dan 48 jam. Hasil penelitian pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan limbah timbal (Pb) menunjukkan hasil yang relatif sama. Penambahan waktu kontak yang diberikan tidak merubah hasil adsorpsi karbon aktif biji pinus terhadap limbah timbal (Pb) dikarenakan pada

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

waktu kontak 24 jam sudah hampir mencapai nilai optimal. Pada karbon dengan konsentrasi KOH 1 (M) dengan waktu kontak 24 jam mendapatkan nilai prosentase adsorpsi lebih rendah dibanding dengan konsentrasi diatas 1 (M). Hal tersebut dikarenakan luas permukaan pada karbon cukup kecil dibandingkan dengan luas permukaan yang dihasilkan variasi konsentrasi diatas 1 (M).

Proses adsorpsi terdiri dari adsorpsi elektrostatis dan adsorpsi fisika untuk menyerap limbah timbal (Pb). Adsorpsi elektrostatis yaitu gaya tarik menarik yang lemah antara adsorben dengan adsorbat. Sehingga, adsorbat hanya menempel pada permukaan dari adsorben. Sedangkan adsorpsi fisika yaitu suatu adsorbat memasuki pori pada suatu adsorben. Proses adsorpsi elektrostatis dan adsorpsi fisika dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Proses Adsorpsi Elektrostatis dan Adsorpsi Fisika (Huang. Y dkk, 2013)

Mekanisme adsorpsi merupakan hasil dari pertukaran antara ion Pb^{2+} dan gugus fungsi oksigen atau senyawa aromatik pada karbon aktif (interaksi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

elektrostatik). Ion Pb^{2+} / reaksi karbon aktif dapat direpresentasikan dalam dua proses. Ion Pb^{2+} dapat mengikat dirinya sendiri kedua gugus hidroksil yang berdeketan dan melepaskan dua ion hidrogen (H^{+}) ke dalam larutan. Sebaliknya, dua gugus oksil dapat mendonasikan dua pasang elektron ke ion Pb^{2+}. Dalam kedua reaksi, empat senyawa bilangan koordinasi terbentuk (Moyo. M dkk, 2014). Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah timbal (Pb) mengalami penurunan konsentrasi. Hal ini disebabkan karena kemampuan pengikatan ion timbal (Pb^{2+}) oleh gugus ester pada karbon biji pinus. Gugus ester berikatan dengan limbah timbal (Pb) dikarenakan limbah timbal (Pb) bersifat asam keras. Sedangkan gugus ester bersifat basa keras. Semakin besar total asam pada gugus fungsi maka penurunan konsentrasi limbah timbal (Pb) juga semakin banyak.

Semua hasil yang didapatkan dari penelitian ini tak lepas dari penjelasan Allah dalam Al-Quran. Seorang saintis khususnya fisikawan muslim diharapkan selalu merenungkan dan memikirkan mengenai banyaknya nikmat yang Allah ciptakan untuk diambil manfaatnya. karena tak ada segala dari ciptaanNya yang sia-sia semata. Salah satu bentuk nikmat Allah dijelaskan dalam Q.s Asy-Syu'ara ayat 7.

أَوَلَمْ يَرَوْا۟ إِلَى ٱلْأَرْضِ كَمْ أَنۢبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?"* (Q.s. Asy-Syu'ara ayat 7).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah memberikan begitu banyak nikmat di alam semesta ini dengan menciptakan berbagai macam timbuh-tumbuhan. Dari

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

banyaknya ciptaan Allah memilki manfaat. Seperti yang dijelaskan dalam firmanNya.

فَأَنۢبَتْنَا فِيهَا حَبًّا

Artinya: *"Lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu"* (Q.s. Abasa ayat 27).

Q.s. Abasa ayat 27 menjelaskan bahwa Allah menciptakan air hujan ke bumi, Kemudian membelah bumi dengan apa yang keluar darinya berupa berbagai jenis tanaman seperti, biji-bijian, anggur, rumput, pohon zaitun, dan pohon kurma. Manfaat yang dapat diambil dari berbagai jenis tanaman yakni biji-bijian dan buah-buahan untuk dimakan, Rumput untuk makanan ternak. Begitu banyak manfaat yang terdapat dalam berbagai jenis tanaman ketika dipelajari serta dilakukan eksperimen sesuai tujuan dan keperluan seperti yang telah Allah jelaskan dalam Q.s Al-An'am ayat 95).

۞ إِنَّ ٱللَّهَ فَالِقُ ٱلْحَبِّ وَٱلنَّوَىٰ ۖ يُخْرِجُ ٱلْحَىَّ مِنَ ٱلْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ ٱلْمَيِّتِ مِنَ ٱلْحَىِّ ۚ ذَٰلِكُمُ ٱللَّهُ ۖ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ

Artinya: *"Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling?"(*Q.s. Al-An'am ayat 95).

Berbagai jenis tanaman memiliki manfaat yang begitu luas setelah dicari, dikaji, dan dilakukan penelitian. Biji pinus yang merupakan limbah jika diolah dan diproses dapat menghasilkan sesuatu yang memiliki banyak manfaat, misalnya menjadi karbon aktif. Proses penelitian dan hasilnya dapat memberikan ilmu pengetahuan baru. Rasa iman dan taqwa meningkat seiring bertambahnya ilmu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pengetahuan yang dimiliki. Allah juga akan mengangkat derajat bagi setiap orang yang beriman dan berilmu.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penilitian ini yaitu:

1. Hasil pengujian gugus fungsi menunjukkan bahwa variasi komposisi karbon aktif (aktivator KOH) menunjukkan adanya gugus fungsi OH *hydroxyl*, C=O *carbonyl*, C=C *aromatic*, C-O *carboxyl acid*, C-H *aromatic*, dan OH *alcohols*. Adanya gugus fungsi OH *hydroxyl* menunjukkan masih banyak mineral yang terkandung dalam karbon. Semakin bertambah konsentrasi KOH yang digunakan, maka puncak gugus fungsi C=C *aromatic* semakin tinggi. Hal tersebut menunjukkan jumlah karbon yang semakin banyak.
2. Hasil uji luas permukaan menggunakan metode adsorpsi *methylene blue* didapatkan sampel aktivasi KOH 4 M memiliki nilai terbesar yaitu 22,798 m^2/g.
3. Variasi konsentrasi KOH menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada hasil adsorpsi limbah timbal (Pb) variasi waktu kontak 24 dan 48 jam. Hasil uji AAS menunjukkan penyerapan limbah timbal (Pb) optimum terjadi pada prosentase adsorpsi sebesar 99,99% pada waktu kontak 24 dan 48 jam.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan menggunakan variasi konsentrasi lain sampai ditemukan batas optimum KOH sebagai aktivator. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan menggunakan aktivator lain yang memiliki potensi untuk meningkatkan karakteristik karbon, sehingga dapat diperoleh karbon dengan karakteristik yang lebih baik. Waktu kontak karbon aktif terhadap limbah timbal (Pb) perlu dipersingkat dengan menggunakan di bawah variasi waktu kontak yang telah digunakan pada penelitian ini.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Adamson A. W. dan A. P. Gast. 1997. *Physical Chemistry of Surface*. Edisi keenam. New York: John Willey and Sons Inc

Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. Toxicological Profile for Chromium. U.S. *Department of Health and Human Services.* Atlanta.

Alberty, R. A. dan F. Daniel. 1987. *Physical Chemistry.* Edisi kelima. SI Version. New York: John Willey and Sons Inc.

Al-Ayubi, M.Ch. 2007, *Skripsi: Studi Kesetimbangan Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa daun enceng gondok (Eichhornia Crassipes).* UIN Malang.

Al-Quran Terjemahan. 2015. Departemen Agama RI. Bandung: CV Darus Sunnah.

Amalia. N. 2015. Adsorpsi Cr(III) dan Cr (VI) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (Samanea Saman). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Ardizzone. S, G. Gabriell, and P. Lazari. 1993. Adsorption of Methylene Blue at Solid/Liquid and Water/Air Interfeces Colloids Surface. 76: 149-157. Di dalam Trisnawati, T. 2008 Studi Adsorpsi Karbon Mesopori Saintetik Terhadap Methylene Blue. Skripsi Tidak di Terbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

Bahl, B.S., Tuli, G.D., dan Bahl, A. 1997. *Essential of Physical Chemistry*, *New Delhi, S. Chand and Company*, Ltd.

Barzegar, F. Bello, A. Julien, K. D. Ncholu, M. & Xiaohua, X. 2017. Asymmetric Supercapacitor Based on Activated Expanded Graphite and Pinecone Tree Activated Carbon with Excellent Stability. *Applied Energy.* University of Pretoria, South Africa.

Celzard. A, V. Fierro, J.F. Mareche, & G. Furdin. Advanced Preparative Strategis for Activated Carbons Designed for the Adsorptive Storage of Hydrogen. *Adsorption Science & Technology*. Vol. 25 No. ¾.

Darmayanti & Supriyadi, N. R., 2012. Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH. *Akademika Kimia,* 1(4), pp. 159-165.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Day, R.A dan A.L Underwood. 2002. Analisis kimia Kuantitatif Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.

Ding, L.P., dan Bhatia, S.K. 2003. *Analysis of Multicomponent Adsorption Kinetics on Activated carbon*, AIChE Journal, Vol. 49, n0. 4, pp. 883-895.

Dreisbach, R. H dan Robertson, W.O. 1994. Handbook of Poisoning Prevention, Diagnosis and Treatment. *United State of Amerika*. Prentice-Hall International, Inc.

Duman, G. Yunus, O. Cagdas, O. Sermin, O. & Jale, Y., 2009. Production of Activated Carbon from Pine Cone and Evaluation of Its Physical, Chemical, and Adsorption Properties. *Energy & Fuels*. Faculty of Science, Deparment of Chemistry, Ege University, Turkey. Vol. 23, Hal. 2197-2204.

Erlina, dkk. 2015. Pengaruh konsentrasi larutan KOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF*. Volume IV: 55 - 56.

Fajarwati, F.I., Sugiharto, E., Siswanto, D. 2001. Film of Chitosan-Carboxymethyl Cellulosepolyelectrolyte Complex as Methylene Blue Adsorbent. *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA.* ISSN: 1411-1047.

Fardiaz, S., 1992. Polusi Air dan Udara. *Kanisius*. Yogyakarta.

Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1997. *Dasar-Dasar Kimia Organik*. Diterjemahkan oleh Maun, S., Anas, A. dan Sally, S. Jakarta: Binarupa.

Fuadi, M.A, 2016. Ayat-ayat pertanian dalam Al-Quran (Studi Analisis Terhadap Penafsiran Thanthawi Jauhari dalam Kitab *Al-Jawhari fi Tafsir Al-Quran Al-Karim*). Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Gandjar, I. G. dan Rohman. A. 2007. Kimia Farmasi Analisis. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Haniffudin, N., & Diah, S. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (ELDC). *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), F-13-F-17.

Hariati, Hidryawati. N, & Panggabean. A.S. 2017. Sintesis Karbon Aktif Cangkang Jengkol (*Pithecellobium Lobatum*) Dengan Bantuan Ultrasonik Sebagai Bahan Penyimpanan Energi Elektrokimia. *Jurnal Atomik*. 02 (2) Hal. 227-231.

Hartini, L. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl dari Ampas Tahu. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim. Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Huang. H dkk. 2013. Adsorption of Pb (II) on Mesoporous Activated Carbons fabricated from Water Hyacinth Using H_3PO_4 Activation: Adsorption Capacity, Kinetic and Isotherm Studies. *Applied Surface Science*. 293. 160-168

Idrus, R., Lapanporo, B.P., & Putra, Y.G. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Temperung Kelapa. *Jurnal Prisma Fisika*, Vol. 1: 50-55.

Ismail, K., 2003, Pengantar Analisis Instrumental, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, *Pusdiklat-Indag*, Bogor.

J. Wang & Kaskel. 2012. KOH Activation of Carbon-Based Materials for Energy Storage. *Journal of Materials Chemistry*.

Karthikeyan, K. dkk. 2014. Contruction of High-Energy-Density Supercapacitors from Pine-Cone-Derived High-Surface-Area Carbons. *CHEMSUSCHEM*. DOI: 10.1002/cssc. 201301262.

Khan, T.A., K. Kok and S. Hung, 2002, Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan; the influence of analythcal method. *J. Pharm. Pharmaceut.* Sci., 5:205-212.

Khopkar, S.M, 2003, Konsep Dasar Kimia Analitik, Setakan pertama, UI-Press Jakarta.

Kusnoputranto, H. 2006. Toksiologi Lingkungan, Logam Toksik dan Berbahaya. FKM-UI Press dan Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan. Jakarta.

Larry, D.B., Judkins J.F., and Weant, B.L., 1982. Process Chemistry for Water and Wasteater. *Prentice Hall Inc*., New Jersey, pp. 202-206.

Lestari. Y M, dkk. 2013. Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia. *Konversi*, Volume 2 No.1.

Liu.L dkk, 2019. Preparation of KOH and H_3PO_4 Modified Biochar and Its Application in *Methylene Blue* Removal from Aqueous Solution. *Processes*. 7, 891;doi;10.3390.

Manullang, S.A., dkk. 2013. Potensi Arang Aktif Cangkang Bunga Pinus Sebagai Adsorben Ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan Aktivator H_2SO_4 dalam Larutan. *Reposotory FMIPA*.

Manyala, N. Bello, A. Barzegar, F. Khaleed, A.A. Momodu, D.Y. & Dangbegnon, J.K. 2016. Coniferous Pine Biomass: A Novel Insight Into Sustainable

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Carbon Materials for Supercapacitors Electrode. *Materials Chemistry and Physics*. Hal 1-9.

Moyo. M, Nyamhere. G, Sebata. E, & Guyo. U. 2014. Kinetik and Equilibrium Modelling of Lead Sorption from Aqueous Solution by Activated Carbon from Goat Dung. *Desalination and Water Treatment*. 1-11.

Muhiddin. N. F. 2019. Pemanfaatan Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Menjadi Karbon Aktif Sebagai Kapasitansi Elektroda Kapasitor. *Skripsi*. Makassar. Jurusan Kimia Pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin.

Nofenda, T. S. Dan F. R. 2014. Pemanfaatan Konus Pinus Merkusii Sebagai Briket Bahan Dakar Alternatif Bagi Masyarakat Sekitar Hutan.

Ofomaja, A.E. & Naidoo, E.B. 2011. Biosorption of Copper from Aqueous Solution by Chemically Activated Pine Cone: A Kinetic Study. *Chemical engineering Journal*. 175. 260-270.

Oscik, J., 1982. Adsorption. *Edisi Cooper*. I. L., John Wiley and Sons, New York. Pp. 128-129, 152-154.

Otmer, K., 1994. *Adsorption*. Ensiklopedia of Chemical Engineering Vol.1.Wiley Interscience.

Ozhan, A. Omer, S. Mehmet, M. K. & Cafer, S., 2014. Preparation and Characterization of Activated Carbon from Pine Cone by Microwave-Induced $ZnCl_2$ Activation and Its Effect on the Adsorption of Methylene Blue. *Springer Science+Business Media Dordrecht*.

Palar, H. 1994. Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan. *Rineka Cipta*. Jakarta.

Pine, S. 1980. Kimia Organik. Bandung: Terbitan Keempat. Penerbit ITB.

Rahmadani, N. & Kurniawati, P. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*. Jurusan Kimia FMIPA UM.

Sax N.I. dan R.J. Lewis. 1987. Hawley's Condensed Chemical Distionary. *12thEd.* New York: Van Nostrand Reinhold.Co.

Solano, A. Linares, dkk. 2012. NaOH and KOH for Preparing Activated Carbon Used in Energy and Environmental Aplications. *International Journal of Energy, Environtment, and Economics*. Vol. 20 No.4.

Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., Wahyono, D., 2009, Kitosan, Sumber Biomaterial Masa Depan, Institut Teknologi Bandung Press, Bandung, Halaman 30.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Suluh, S. & Sampelawang, P. 2017. Studi Eksperimen Limbah Buah Pinus Sebagai Sumber Energi Alternatif di Tinjau, 3(1), 444-459.

Suluh, S. & Sampelawang, P. 2017. Studi Eksperimen Limbah Buah Pinus Sebagai Sumber Energi Alternatif Ditinjau dari Variasi Butiran. *DYNAMIC SAINT*. JDS, Jilid III No. 1.

Sunarya, Y. 2007. Kimia Umum. *Grafisindo.*Bandung.

Suryati. 2011. Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Cu dengan Metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus Nemerus*) di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.

Sutarman & Prihatiningrum. A.E., 2015. Penyakit Hawar Daun Pinus Merkusii di Berbagai Persemaian Kawasan Utama Hutan Pinus Jawa Timur. *J.HPT Tropika.* ISSN 1411-7525 Vol. 15, No. 1:44-52.

Widowati., Sastiono., Jusuf., 2008 Efek Toksik Logam : Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. *Andi Offset*. Yogyakarta.

Yudo, S., 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Pencemaran Logam*, 2(1), pp. 1-15.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 1 Perhitungan Bahan

1. Yield Massa

a. Pembuatan Karbon Biji Pinus (T = 500^{o}C)

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 760 gr

Massa setelah karbonisasi = 210,58 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

$$\textit{Yield}\ \text{massa}\ (\%) = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{210{,}58}{760} \times 100\%$$

$$= 27{,}62\%$$

b. Proses Aktivasi (T = 400^{o}C)

- Karbon KOH 1 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 14,1 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

$$\textit{Yield}\ \text{massa}\ (\%) = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{14{,}1}{15} \times 100\%$$

$$= 94\%$$

- Karbon KOH 1,5 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 13,48 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{13,48}{15} \times 100\%$

= 89,87%

- Karbon KOH 2 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 13,39 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{13,39}{15} \times 100\%$

= 89,27%

- Karbon KOH 2,5 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 13,34 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{13,34}{15} \times 100\%$

= 88,93%

- Karbon KOH 3 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 12,7 gr

Ditanya =

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Yield massa (%)…?

Jawab =

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{12,7}{15} \times 100\%$

= 84,67%

- Karbon KOH 3,5 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 12,6 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{12,6}{15} \times 100\%$

= 84%

- Karbon KOH 4 M

Diket =

Massa awal karbon = 15 gr

Massa akhir karbon = 11,75 gr

Ditanya =

Yield massa (%)…?

Jawab =

Yield massa (%) = $\frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

= $\frac{11,75}{15} \times 100\%$

= 78,33%

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Preparasi Sampel

1. Penentuan Pelarut KOH

   Karbon : Larutan KOH

   1 : 10

   15 gram : 150 ml

2. Penentuan Massa KOH

- KOH 1 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$

  $1 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$

  gram = 8,4

- KOH 1,5 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$

  $1{,}5 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$

  gram = 12,6

- KOH 2 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pelarut = 150 ml

Ditanya =

gram KOH…?

Jawab =

$$M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$$

$$2 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$$

gram = 16,8

- KOH 2,5 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $$M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$$

  $$2{,}5 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$$

  gram = 21

- KOH 3 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $$M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$$

  $$3 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$$

  gram = 25,2

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- KOH 3,5 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$

  $3,5 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$

  gram = 29,4

- KOH 4 M

  Diket =

  Mr KOH = 56

  Pelarut = 150 ml

  Ditanya =

  gram KOH…?

  Jawab =

  $M = \frac{\frac{gram}{Mr}}{\frac{1000}{p}}$

  $4 = \frac{\frac{gram}{56}}{\frac{1000}{150}}$

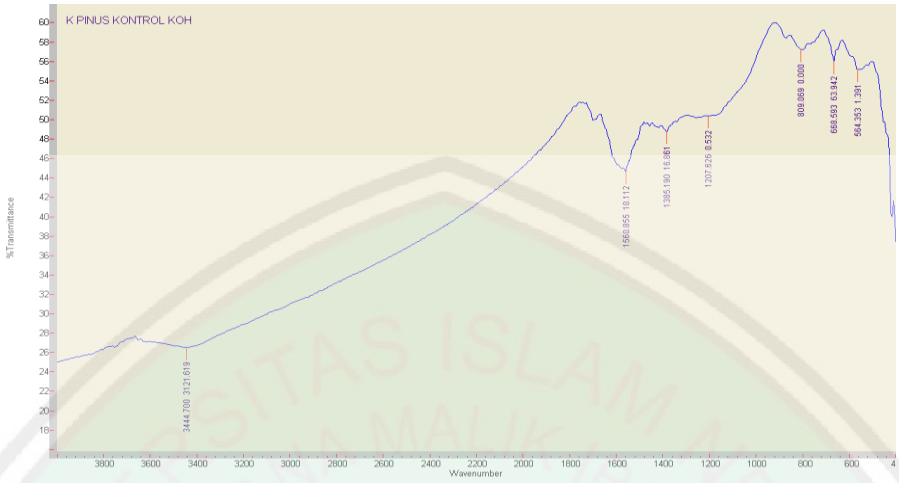
  gram = 33,6

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

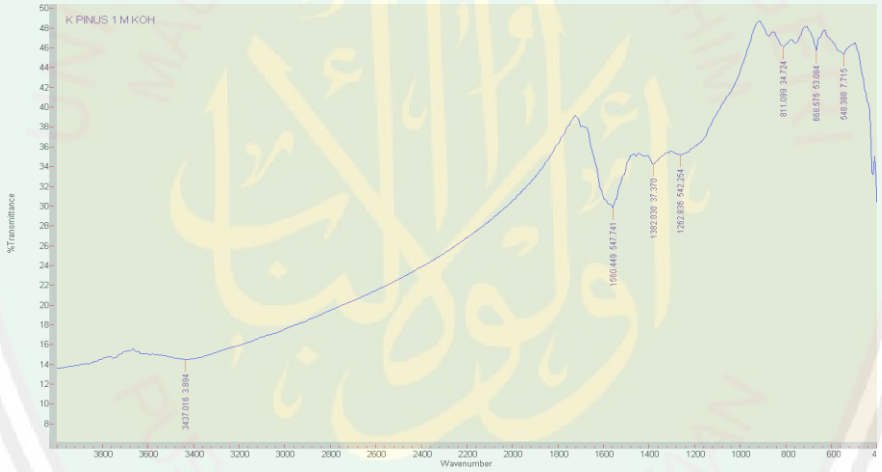
LAMPIRAN 2 Data FTIR

1. Grafik Data FTIR

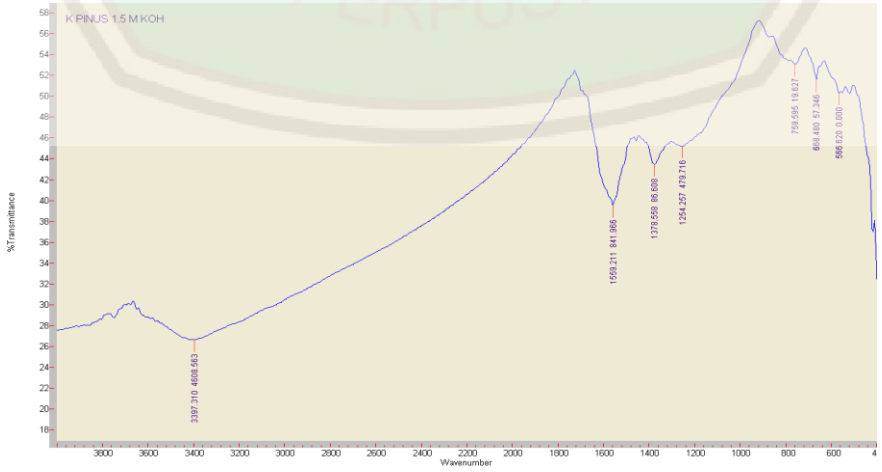
✓ Karbon biji pinus



✓ Karbon aktif biji pinus 1 M KOH

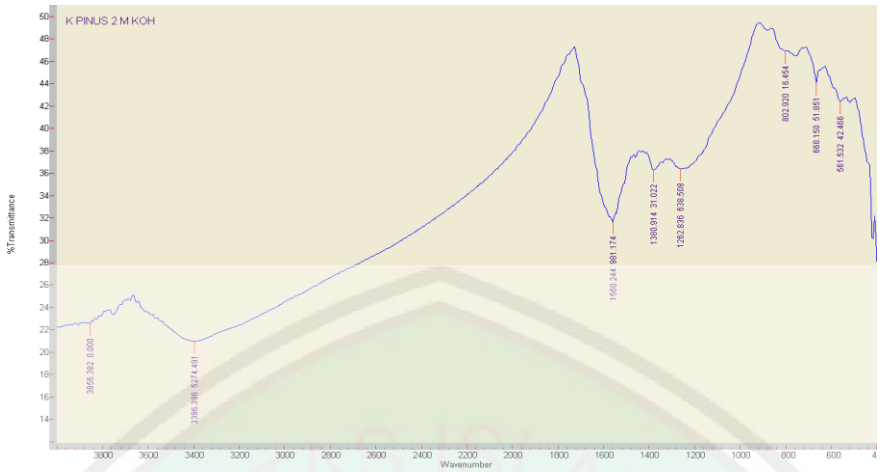


✓ Karbon aktif biji pinus 1,5 M KOH

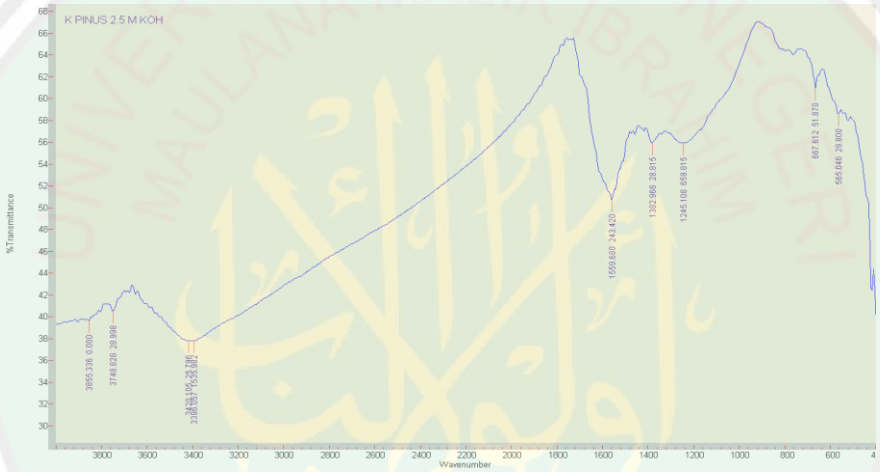


CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

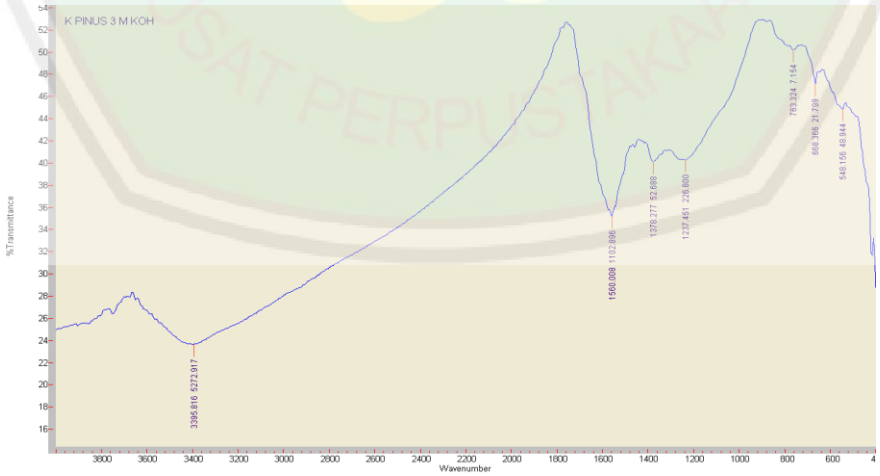
✓ Karbon aktif biji pinus 2 M KOH



✓ Karbon aktif biji pinus 2,5 M KOH

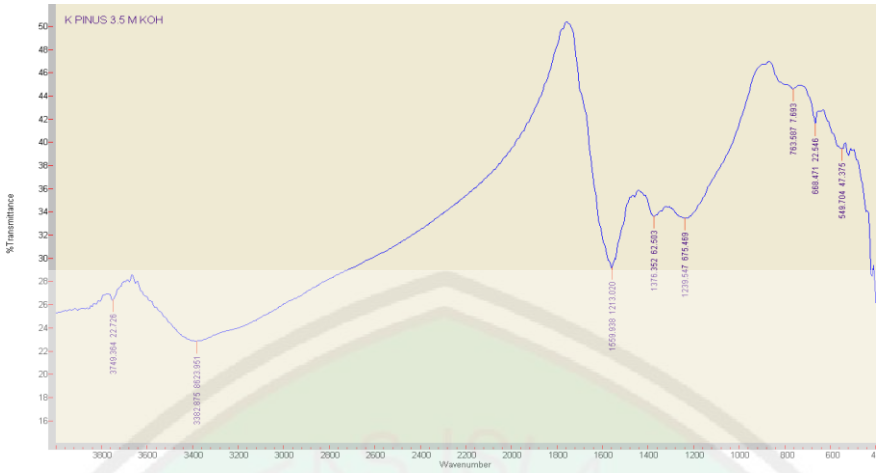


✓ Karbon aktif biji pinus 3 M KOH

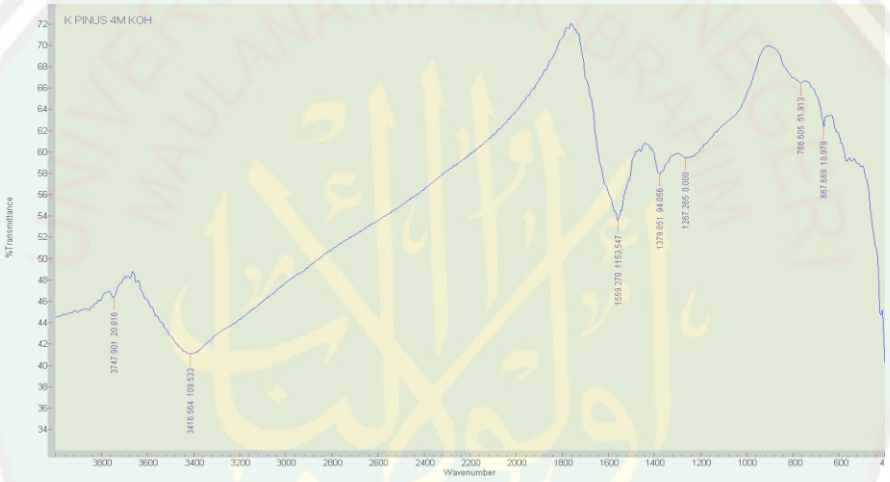


CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

✓ Karbon aktif biji pinus 3,5 M KOH



✓ Karbon aktif biji pinus 4 M KOH



LAMPIRAN 3 Data dan Perhitungan UV-VIS

1. Menghitung Konsentrasi *Methylene Blue* (ppm) dalam 1 Liter aquades

$$\text{ppm} = \frac{1 \text{ mg zat terlarut}}{1 \text{ liter larutan}}$$

❖ 16 ppm dalam 1 liter.

$$\text{ppm} = \frac{16 \text{ mg}}{1 \text{ liter}}$$

$$\text{ppm} = \frac{0{,}016 \text{ g}}{1000 \text{ ml}}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

M_1 = konsentrasi awal

M_1 = konsentrasi yang ingin dibuat

V_1 = volume yang diperlukan

V_2 = volume yang akan dibuat

- 14 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm.

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 14.100$

$V_1 = \frac{1400}{16}$

V_1 = 87,5 ml +12,5 ml aquades.

- 12 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm.

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 12.100$

$V_1 = \frac{1200}{16}$

V_1 = 75 ml + 25 ml aquades.

- 10 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 10.100$

$V_1 = \frac{1000}{16}$

V_1 = 62,5 ml + 37,5 ml aquades.

- 8 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 8.100$

$V_1 = \frac{800}{16}$

V_1 = 50 ml + 50 ml aquades.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

❖ 6 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 6.100$

$V_1 = \frac{600}{16}$

V_1 = 37,5 ml + 62,5 ml aquades.

❖ 4 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

$16.V_1 = 4.100$

$V_1 = \frac{400}{16}$

V_1 = 25 ml + 75 ml aquades.

❖ 2 ppm dalam 100 ml dari 16 ppm

$M_1.V_1 = M_2.V_2$

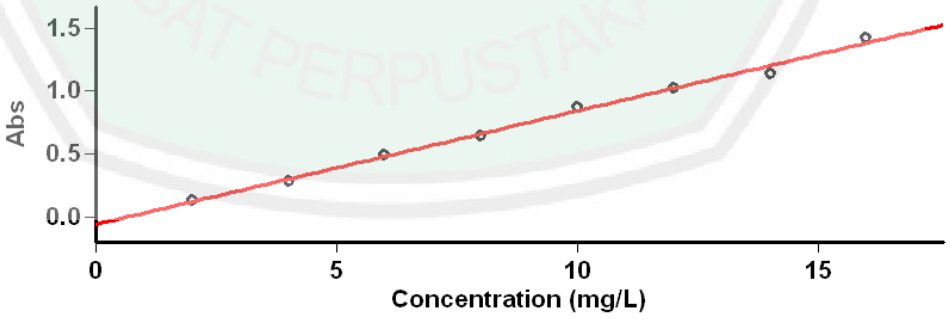
$16.V_1 = 2.100$

$V_1 = \frac{200}{16}$

V_1 = 12,5 ml + 87,5 ml aquades.

2. Menentukan Kurva Standar *Methylene Blue*

Tanggal Analisa : 25 September 2020



Concentration Analysis Report

Report time 9/24/2020 2:27:41 PM

Method

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Batch name	D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Antoni Gondo\Kurva Standar Methylene Blue (24-09-2020).BCN
Application	Concentration 3.00(339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	664.1
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R^2	0.95000
Concentration units	mg/L
Comments:	

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1133)	664.1

Calibration

Collection time 9/24/2020 2:27:55 PM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1						0.1347
						0.1337
	2.0		0.1348	0.0012	0.86	0.1360

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

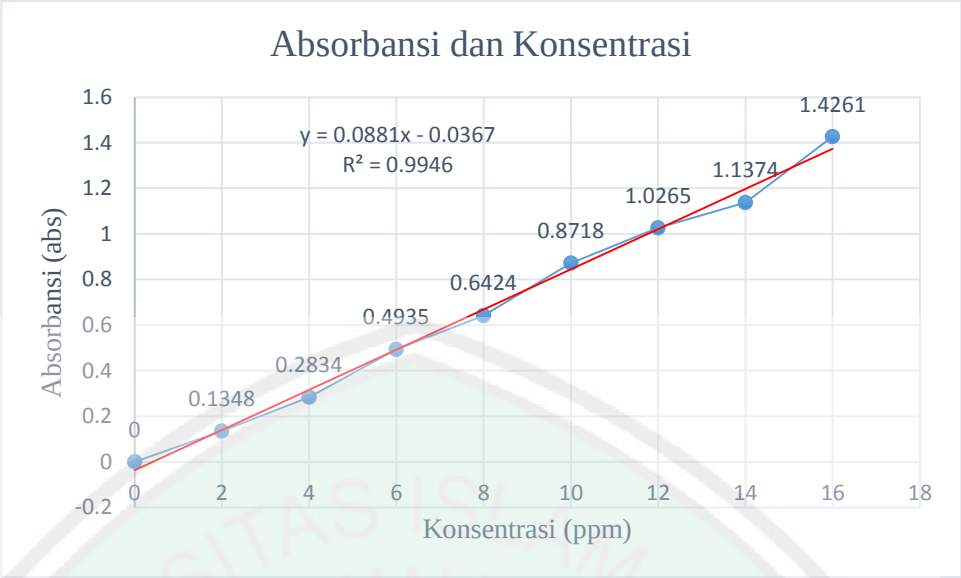
Std 2					0.2836
					0.2834
	4.0	0.2834	0.0002	0.08	0.2831
Std 3					0.4924
					0.4937
	6.0	0.4935	0.0010	0.19	0.4943
Std 4					0.6423
					0.6437
	8.0	0.6424	0.0013	0.20	0.6412
Std 5					0.8742
					0.8734
	10.0	0.8718	0.0034	0.39	0.8679
Std 6					1.0247
					1.0271
	12.0	1.0265	0.0015	0.15	1.0277
Std 7					1.1415
					1.1323
	14.0	1.1374	0.0047	0.41	1.1383
Std 8					1.4275
					1.4202
	16.0	1.4261	0.0054	0.38	1.4307

Calibration eqn	Abs = 0.09011*Conc -0.05896
Correlation Coefficient	0.99412
Calibration time	9/24/2020 2:30:49 PM

Results Flags Legend

U = Uncalibrated	O = Overrange
N = Not used in calibration	R = Repeat reading

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Kurva Standar *Methylene Blue*

3. Perhitungan Luas Permukaan

❖ Data Absorbansi *Methylene Blue* sampel Karbon Biji Pinus

Absorbansi MB Sampel Karbon Biji Pinus
Tanggal Analisa: 14 September 2020

Advanced Reads Report

Report time	9/14/2020 2:39:46 PM
Method	
Batch name	D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Antoni Gondo\Absorbansi Methylene Blue Sampel Karbon Biji Pinus (14-09-2020).BAB
Application	Advanced Reads 3.00(339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	664.1
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Sample averaging	OFF

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1417)	664.1

Analysis

Collection time 9/14/2020 2:39:46 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S Kontrol 20 menit					0.5800
					0.5810
		0.5812	0.0014	0.25	0.5828
S Kontrol 30 menit					0.5294
					0.5313
		0.5303	0.0009	0.18	0.5303
S Kontrol 40 menit					0.4759
					0.4725
		0.4725	0.0034	0.73	0.4690
S Kontrol 50 menit					0.3455
					0.3469
		0.3468	0.0012	0.36	0.3480
S Kontrol 60 menit					0.2185
					0.2192
		0.2193	0.0008	0.35	0.2201
S 1 M 20 menit					0.6338
					0.6289
		0.6298	0.0036	0.57	0.6268
S 1 M 30 menit					0.5692
					0.5740
		0.5718	0.0024	0.42	0.5722
S 1 M 40 menit					0.4326
					0.4304
		0.4312	0.0012	0.28	0.4305

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

S 1 M 50 menit				0.4964
				0.4969
	0.4973	0.0012	0.24	0.4987
S 1 M 60 menit				0.4365
				0.4363
	0.4365	0.0002	0.05	0.4367
1,5 M 20 menit				0.0872
				0.0865
	0.0867	0.0004	0.49	0.0865
1,5 M 30 menit				0.0774
				0.0761
	0.0766	0.0007	0.93	0.0762
1,5 M 40 menit				0.0566
				0.0568
	0.0568	0.0002	0.30	0.0569
1,5 M 50 menit				0.0574
				0.0574
	0.0573	0.0001	0.17	0.0572
1,5 M 60 menit				0.0909
				0.0901
	0.0908	0.0007	0.79	0.0915
2 M 20 menit				0.0736
				0.0736
	0.0738	0.0004	0.54	0.0743
2 M 30 menit				0.0648
				0.0647
	0.0644	0.0005	0.75	0.0639
2 M 40 menit				0.0686
				0.0682
	0.0679	0.0008	1.22	0.0670

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2 M 50 menit				0.0690
				0.0678
	0.0674	0.0018	2.66	0.0655
2 M 60 menit				0.0628
				0.0617
	0.0619	0.0009	1.38	0.0612
2,5 M 20 menit				0.0571
				0.0569
	0.0577	0.0012	2.07	0.0591
2,5 M 30 menit				0.0688
				0.0683
	0.0688	0.0005	0.76	0.0693
2,5 M 40 menit				0.0731
				0.0756
	0.0737	0.0017	2.31	0.0724
2,5 M 50 menit				0.0687
				0.0689
	0.0687	0.0002	0.33	0.0685
2,5 M 60 menit				0.0610
				0.0624
	0.0631	0.0025	3.89	0.0658
3 M 20 menit				0.0585
				0.0582
	0.0587	0.0007	1.14	0.0595
3 M 30 menit				0.0732
				0.0753
	0.0742	0.0010	1.40	0.0743
3 M 40 menit				0.0665
				0.0661
	0.0663	0.0002	0.34	0.0662

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3 M 50 menit				0.0495
				0.0497
	0.0494	0.0003	0.67	0.0491
3 M 60 menit				0.1992
				0.1984
	0.2029	0.0071	3.50	0.2110
3,5 M 20 menit				0.0687
				0.0705
	0.0709	0.0024	3.37	0.0735
3,5 M 30 menit				0.0501
				0.0500
	0.0511	0.0019	3.67	0.0533
3,5 M 40 menit				0.0305
				0.0304
	0.0305	0.0001	0.21	0.0306
3,5 M 50 menit				0.0328
				0.0329
	0.0330	0.0002	0.63	0.0332
3,5 M 60 menit				0.0256
				0.0258
	0.0257	0.0002	0.64	0.0255
4 M 20 menit				0.0251
				0.0252
	0.0250	0.0002	0.80	0.0248
4 M 30 menit				0.0218
				0.0220
	0.0220	0.0003	1.19	0.0223
4 M 40 menit				0.0318
				0.0318
	0.0319	0.0001	0.42	0.0320

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4 M 50 menit				0.0183
				0.0184
	0.0184	0.0000	0.08	0.0184
4 M 60 menit				0.0173
				0.0174
	0.0173	0.0001	0.46	0.0173

❖ Kurva Standart / Baku (methylene blue)

$y = 0{,}0881\ x - 0{,}0367$

$R^2 = 0{,}9946$

❖ Konsentrasi larutan methylene blue (C)

$Abs = ax - b$

a = konstanta

b = koefisien regresi variabel terikat

x = (prediktor) variabel bebas

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

❖ Methylene blue yang terserap dalam 1 gram sampel

$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$

C = Konsentrasi MB yang tersisa (ppm)

V = Volume larutan MB (ml)

B = Massa adsorben (gram)

❖ Menentukan luas permukaan spesifik

$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$

S = luas permukaan adsorben (m^2/g)

N = bilangan Avogadro ($6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$)

Xm = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

a = luas permukaan oleh satu molekul methylene blue ($197{,}2 \times 10^{-20}\ m^2$)

Mr = massa molekul relative methylene blue ($320{,}5\ g/mol$)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- Sampel Kontrol

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}2193 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}2193 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}256 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}256}{0{,}0881} = x$$

$$2{,}906 \text{ ppm} = x$$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$$= 16 - 2{,}906$$

$$= 13{,}094 \text{ ppm}$$

$$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$$

$$= \frac{13{,}094}{1000} x \frac{20}{50}$$

$$= 0{,}013094 \text{ x } 0{,}4$$

$$= 0{,}0052376 \text{ g/g}$$

$$\approx 5{,}2376 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0052376 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{6217{,}7854144}{320{,}5}$$

$$= 19{,}40027 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 19.400{,}27 \text{ m}^2\text{/mg}$$

- Sampel 1 M

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}4312 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}4312 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}4679 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}4679}{0{,}0881} = x$$

$$5{,}311 \text{ ppm} = x$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$= 16 - 5{,}311$

$= 10{,}689$ ppm

$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$

$= \frac{10{,}689}{1000} x \frac{20}{50}$

$= 0{,}010689$ x $0{,}4$

$= 0{,}0042756$ g/g

$\approx 4{,}2756$ mg/g

$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$

$= \frac{0{,}0042756 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$

$= \frac{5075{,}7528864}{320{,}5}$

$= 15{,}83698$ m^2/g

$\approx 15.836{,}98$ m^2 /mg

- Sampel 1,5 M

$Abs = ax - b$

$0{,}0568 = 0{,}0881x - 0{,}0367$

$0{,}0568 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$

$0{,}0935 = 0{,}0881x$

$\frac{0{,}0935}{0{,}0881} = x$

$1{,}061$ ppm $= x$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$= 16 - 1{,}061$

$= 14{,}939$ ppm

$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$

$= \frac{14{,}939}{1000} x \frac{20}{50}$

$= 0{,}014939$ x $0{,}4$

$= 0{,}0059756$ g/g

$\approx 5{,}9756$ mg/g

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0059756 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{7093{,}8976864}{320{,}5}$$

$$= 22{,}13384 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 22.133{,}84 \text{ m}^2\text{/mg}$$

- Sampel 2 M

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}0619 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}0619 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}0986 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}0986}{0{,}0881} = x$$

$$1{,}119 \text{ ppm} = x$$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$$= 16 - 1{,}119$$

$$= 14{,}881 \text{ ppm}$$

$$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$$

$$= \frac{14{,}881}{1000} x \frac{20}{50}$$

$$= 0{,}014881 \text{ x } 0{,}4$$

$$= 0{,}0059524 \text{ g/g}$$

$$\approx 5{,}9524 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0059524 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{7066{,}3559456}{320{,}5}$$

$$= 22{,}04791 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 22.047{,}91 \text{ m}^2\text{/mg}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- Sampel 2,5 M

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}0577 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}0577 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}0944 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}0944}{0{,}0881} = x$$

$$1{,}072 \text{ ppm} = x$$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$$= 16 - 1{,}072$$

$$= 14{,}928 \text{ ppm}$$

$$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$$

$$= \frac{14{,}928}{1000} x \frac{20}{50}$$

$$= 0{,}014928 \text{ x } 0{,}4$$

$$= 0{,}0059712 \text{ g/g}$$

$$\approx 5{,}9524 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0059712 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{7088{,}6742528}{320{,}5}$$

$$= 22{,}11755 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 22.117{,}55 \text{ m}^2\text{/mg}$$

- Sampel 3 M

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}0494 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}0494 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}0861 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}0861}{0{,}0881} = x$$

$$0{,}977 \text{ ppm} = x$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$= 16 - 0{,}977$

$= 15{,}023$ ppm

$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$

$= \frac{15{,}023}{1000} x \frac{20}{50}$

$= 0{,}015023 \text{ x } 0{,}4$

$= 0{,}0060092$ g/g

$\approx 6{,}0092$ mg/g

$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$

$= \frac{0{,}0060092 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$

$= \frac{7133{,}7857248}{320{,}5}$

$= 22{,}25830$ m²/g

$\approx 22.258{,}30$ m²/mg

- Sampel 3,5 M

$Abs = ax - b$

$0{,}0257 = 0{,}0881x - 0{,}0367$

$0{,}0257 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$

$0{,}0624 = 0{,}0881x$

$\frac{0{,}0624}{0{,}0881} = x$

$0{,}708 \text{ ppm} = x$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$= 16 - 0{,}708$

$= 15{,}292$ ppm

$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$

$= \frac{15{,}292}{1000} x \frac{20}{50}$

$= 0{,}015292 \text{ x } 0{,}4$

$= 0{,}0061168$ g/g

$\approx 6{,}1168$ mg/g

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0061168 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{7261{,}5224192}{320{,}5}$$

$$= 22{,}65686 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 22.656{,}86 \text{ m}^2\text{/mg}$$

- Sampel 4 M

$$Abs = ax - b$$

$$0{,}0173 = 0{,}0881x - 0{,}0367$$

$$0{,}0173 + 0{,}0367 = 0{,}0881x$$

$$0{,}054 = 0{,}0881x$$

$$\frac{0{,}054}{0{,}0881} = x$$

$$0{,}613 \text{ ppm} = x$$

MB (terserap) = MB (awal) - MB (sisa)

$$= 16 - 0{,}613$$

$$= 15{,}387 \text{ ppm}$$

$$Xm = \frac{C}{1000} x \frac{V}{B}$$

$$= \frac{15{,}387}{1000} x \frac{20}{50}$$

$$= 0{,}015387 \text{ x } 0{,}4$$

$$= 0{,}0061548 \text{ g/g}$$

$$\approx 6{,}1548 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

$$= \frac{0{,}0061548 \text{ x } 6{,}02 \text{ E23 x } 197{,}2 \text{ e}-20}{320{,}5}$$

$$= \frac{7306{,}6338912}{320{,}5}$$

$$= 22{,}79761 \text{ m}^2\text{/g}$$

$$\approx 22.797{,}61 \text{ m}^2\text{/mg}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

	Abs	C MB yang tersisa (ppm)	C MB yang terserap (ppm)	Berat MB yg terserap per-1g sampel (mg/g)	Berat MB yg terserap per-1 g sampel (g/g)	S (m^2/g)
S.kont	0,2193	2,906	13,094	5,238	0,005238	19,400
S.1 M	0,4312	5,311	10,689	4,276	0,004276	15,837
S.1,5 M	0,0568	1,061	14,939	5,976	0,005976	22,134
S.2 M	0,0619	1,119	14,881	5,952	0,005952	22,048
S.2,5 M	0,0577	1,072	14,928	5,971	0,005971	22,118
S.3 M	0,0494	0,977	15,023	6,009	0,006009	22,258
S.3,5 M	0,0257	0,708	15,292	6,117	0,006117	22,657
S.4 M	0,0173	0,613	15,387	6,155	0,006155	22,798

LAMPIRAN 4 Data dan Perhitungan AAS

1. Menghitung Konsentrasi Larutan Timbal (Pb) (ppm) dalam 1 Liter aquabides

$$ppm = \frac{\text{Berat Zat Terlarut}}{\text{Berat Larutan}} \times 1.000.000$$

Berat Pb = 0,3 gram

Aquabides = 1 liter / 1.000 ml

$$ppm = \frac{0,3}{1.000} \times 1.000.000$$

ppm = 0,0003 x 1.000.000

ppm = 300

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Perhitungan Adsorpsi Timbal (Pb)

➢ Data Hasil Uji AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)

KEMENTERIAN PENDIDIKANN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM KIMIA
Jalan Seamarang 5, Malang 65145
Telepon: 0341- 562180
Laman: www.um.ac.id

FPO 5.10-1

FORMULIR	Tgl. Terbit / Revisi : 21 September 2020
JUDUL **LAPORAN HASIL PENGUJIAN**	Halaman : 1-2 File : Antoni Gondo

Nomor : 72/UN.32.3.7.3/LT/2020
Nama Pemilik : Antoni Gondo
NIM : 16640040
Alamat : Jl. Gajayana
Jenis contoh : Cairan
Tanggal Terima Sampel : 18 September 2020
Tanggal Uji Sampel : 21 September 2020
Kondisi khusus dari contoh : tidak ada
Hasil Pengujian : Kadar Timbal (Pb)

No	Kode Sampel	Pb (ppm)	Keterangan
1	Kontrol K Pinus 1 H	0,2556	Semua sampel dianalisis melalui tiga pembacaan dan data sebelah kiri adalah hasil rerata.
2	Kontrol K Pinus 2 H	0,0504	
3	1,0 M K Pinus 1 H	0,1344	
4	1,0 M K Pinus 2 H	0,0377	
5	1,5 M K Pinus 1 H	0,0100	
6	1,5 M K Pinus 2 H	0,0323	
7	2,0 M K Pinus 1 H	0,0174	
8	2,0 M K Pinus 2 H	0,0323	
9	2,5 M K Pinus 1 H	0,0215	
10	2,5 M K Pinus 2 H	0,0054	
11	3,0 M K Pinus 1 H	0,0321	
12	3,0 M K Pinus 2 H	0,0323	
13	3,5 M K Pinus 1 H	0,0350	
14	3,5 M K Pinus 2 H	0,0188	
15	4,0 M K Pinus 1 H	0,0275	
16	4,0 M K Pinus 2 H	0,0060	
17	Kon. T Jagung 24 J	1,6967	
18	T Jagung 24 J 1,0 M	6,1800	
19	T Jagung 24 J 1,5 M	7,8512	
20	T Jagung 24 J 2,0 M	9,9875	
21	T Jagung 24 J 2,5 M	4,9379	
22	T Jagung 24 J 3,0 M	26,4652	

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- Pb (teradsorpsi) ppm

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

- Prosentase adsorpsi Pb

  $$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$

- Sampel direndam 24 jam

  - Sampel kontrol

    Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

    $$= 300 - 0{,}2556$$
    $$= 299{,}7444 \text{ ppm}$$

    $$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
    $$= \frac{299{,}7444}{300} \times 100\%$$
    $$= 0{,}999148 \times 100\%$$
    $$= 99{,}9148\%$$

  - Sampel 1 M

    Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

    $$= 300 - 0{,}1344$$
    $$= 299{,}8656 \text{ ppm}$$

    $$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
    $$= \frac{299{,}8656}{300} \times 100\%$$
    $$= 0{,}999552 \times 100\%$$
    $$= 99{,}9552\%$$

  - Sampel 1,5 M

    Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

    $$= 300 - 0{,}0100$$
    $$= 299{,}9900 \text{ ppm}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
$$= \frac{299{,}99}{300} \times 100\%$$
$$= 0{,}999967 \times 100\%$$
$$= 99{,}9967\%$$

- Sampel 2 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)
  $$= 300 - 0{,}0174$$
  $$= 299{,}9826 \text{ ppm}$$
  $$\%\text{Adsopsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
  $$= \frac{299{,}9826}{300} \times 100\%$$
  $$= 0{,}999942 \times 100\%$$
  $$= 99{,}9942\%$$

- Sampel 2,5 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)
  $$= 300 - 0{,}0215$$
  $$= 299{,}9785 \text{ ppm}$$
  $$\%\text{Adsopsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
  $$= \frac{299{,}9785}{300} \times 100\%$$
  $$= 0{,}999928 \times 100\%$$
  $$= 99{,}9928\%$$

- Sampel 3 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)
  $$= 300 - 0{,}0321$$
  $$= 299{,}9679 \text{ ppm}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\%\text{Adsopsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
$$= \frac{299{,}9679}{300} \times 100\%$$
$$= 0{,}999893 \times 100\%$$
$$= 99{,}9893\%$$

- Sampel 3,5 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)
  $$= 300 - 0{,}0350$$
  $$= 299{,}965 \text{ ppm}$$
  $$\%\text{Adsopsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
  $$= \frac{299{,}965}{300} \times 100\%$$
  $$= 0{,}999883 \times 100\%$$
  $$= 99{,}9883\%$$

- Sampel 4 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)
  $$= 300 - 0{,}0275$$
  $$= 299{,}9725 \text{ ppm}$$
  $$\%\text{Adsopsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$
  $$= \frac{299{,}9725}{300} \times 100\%$$
  $$= 0{,}999908 \times 100\%$$
  $$= 99{,}9908\%$$

Sampel 24 jam (direndam)	Pb awal (ppm)	Pb sisa (ppm)	Pb teradsorpsi (ppm)	% adsorpsi
0 M	300 ppm	0,2556 ppm	299,7444 ppm	99,9148%
1 M	300 ppm	0,1344 ppm	299,8656 ppm	99,9552%
1,5 M	300 ppm	0,0100 ppm	299,9900 ppm	99,9967%
2 M	300 ppm	0,0174 ppm	299,9826 ppm	99,9942%
2,5 M	300 ppm	0,0215 ppm	299,9785 ppm	99,9928%
3 M	300 ppm	0,0321 ppm	299,9679 ppm	99,9893%
3,5 M	300 ppm	0,0350 ppm	299,9650 ppm	99,9883%
4 M	300 ppm	0,0275 ppm	299,9725 ppm	99,9908%

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

➢ Sampel direndam 48 jam

- Sampel kontrol

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0504$

  $= 299{,}9496$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb teradsorpsi}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9496}{300} \times 100\%$

  $= 0{,}999832 \times 100\%$

  $= 99{,}9832\%$

- Sampel 1 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0377$

  $= 299{,}9623$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9623}{300} \times 100\%$

  $= 0{,}999874 \times 100\%$

  $= 99{,}9874\%$

- Sampel 1,5 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0323$

  $= 299{,}9677$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9677}{300} \times 100\%$

  $= 0{,}999892 \times 100\%$

  $= 99{,}9892\%$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- Sampel 2 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0323$

  $= 299{,}9677$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9677}{300}$ x 100%

  $= 0{,}999892$ x 100%

  $= 99{,}9892\%$

- Sampel 2,5 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0054$

  $= 299{,}9946$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9946}{300} \times 100\%$

  $= 0{,}999982$ x 100%

  $= 99{,}9982\%$

- Sampel 3 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $= 300 - 0{,}0323$

  $= 299{,}9677$ ppm

  $\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$

  $= \frac{299{,}9677}{300} \times 100\%$

  $= 0{,}999892 \times 100\%$

  $= 99{,}9892\%$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

- Sampel 3,5 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $$= 300 - 0{,}0188$$

  $$= 299{,}9812 \text{ ppm}$$

  $$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$

  $$= \frac{299{,}9812}{300} \times 100\%$$

  $$= 0{,}999937 \times 100\%$$

  $$= 99{,}9937\%$$

- Sampel 4 M

  Pb (teradsorpsi) = Pb (awal) - Pb (sisa)

  $$= 300 - 0{,}0064$$

  $$= 299{,}9936 \text{ ppm}$$

  $$\%\text{Adsorpsi} = \frac{\text{Pb (teradsorpsi)}}{\text{Pb (awal)}} \times 100\%$$

  $$= \frac{299{,}9936}{300} \times 100\%$$

  $$= 0{,}999978 \times 100\%$$

  $$= 99{,}9978\ \%$$

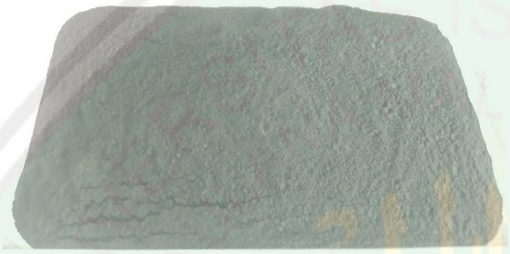
Sampel 48 hari (direndam)	Pb awal (ppm)	Pb sisa (ppm)	Pb teradsorpsi (ppm)	% adsorpsi
0 M	300 ppm	0,2556 ppm	299,9496 ppm	99,9832%
1 M	300 ppm	0,1344 ppm	299,9623 ppm	99,9874%
1,5 M	300 ppm	0,0100 ppm	299,9677 ppm	99,9892%
2 M	300 ppm	0,0174 ppm	299,9677 ppm	99,9892%
2,5 M	300 ppm	0,0215 ppm	299,9946 ppm	99,9982%
3 M	300 ppm	0,0321 ppm	299,9677 ppm	99,9892%
3,5 M	300 ppm	0,0350 ppm	299,9812 ppm	99,9937%
4 M	300 ppm	0,0275 ppm	299,9936 ppm	99,9978%

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 5 Gambar Penelitian

Biji Pinus

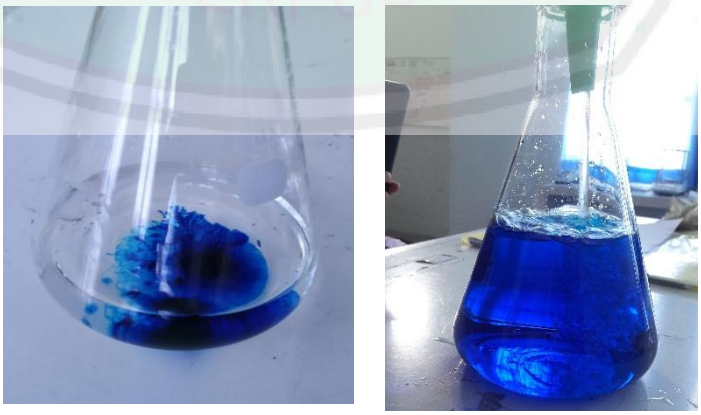
Hasil pembakaran (500^{o}C)



Karbon 200 mesh

Pencampuran karbon dengan KOH

Pencucian karbon hingga pH netral



Pegenceran *Methylene Blue*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG