

TUGAS AKHIR
ARANG BAMBU SEBAGAI MEDIA FILTRASI &
ADSORPSI UNTUK MENURUNKAN KADAR Pb DALAM
LIMBAH LABORATORIUM KUALITAS AIR FTSP UII

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ISNAINI HIDAYATI
20513136

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUGAS AKHIR
PENGAPLIKASIAN ECO-ENZYME UNTUK
MENURUNKAN KADAR NITRAT DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ISNAINI HIDAYATI

20513136

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.
NIK.025100406

Tanggal : 27 Desember 2024

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK.045130401

Tanggal : 27 Desember 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ARANG BAMBU SEBAGAI MEDIA FILTRASI & ADSORPSI
UNTUK MENURUNKAN KADAR Pb DALAM LIMBAH
LABORATORIUM KUALITAS AIR FTSP UII**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Jum'at
Tanggal : 27 Desember 2024.**

Disusun Oleh:

**ISNAINI HIDAYATI
20513136**

Tim Penguji :

Penguji 1 Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.

Penguji 2 Puji Lestari, S.Si.,M.Sc., Ph.D.

Penguji 3 Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.T., IPP.

()
()
()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Isnaini Hidayati

NIM: 20513136

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Agustus 2024 ini ialah **Arang Bambu Sebagai Media Filtrasi & Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Pb dalam Limbah Laboratorium Kualitas Air FTSP UII**. Laporan ini diajukan kepada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan.

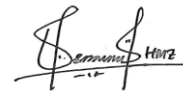
Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, dukungan, motivasi, nasehat dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Allah SWT atas segala karunia dan kemudahan yang telah diberikan sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini
2. Kepada kedua orangtua penulis, Mama dan Bapak yang selalu mendoakan, memberikan semangat, dukungan, kasih sayang dan motivasi untuk penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, arahan dan saran dalam penulisan laporan tugas akhir.
4. Ibu Puji Lestari, S.Si.,M.Sc., Ph.D. dan Ibu Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.T., IPP. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran yang bermanfaat dalam penulisan laporan agar lebih sempurna.
5. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta
6. Seluruh Dosen, Staff dan Keluarga Besar Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah memberikan ilmu pengetahuan, membantu dan memberi nasihat selama penulis menimba ilmu.
7. Para laboran yang telah mendampingi penulis selama penelitian di laboratorium berlangsung.

8. Teman- teman saya yang telah bersedia membantu dan mendengarkan keluhan kesah selama mengerjakan Tugas Akhir ini
9. Semua pihak yang telah membantu penulis hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.

Dalam laporan Tugas Akhir ini penulis masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun demi kemajuan bagi penulis dan para pembaca. Semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat dan dapat menjadi referensi penelitian ilmiah selanjutnya.

Yogyakarta, 24 Oktober 2024



Isnaini Hidayati

Isnaini Hidayati

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

ISNAINI HIDAYATI. Arang Bambu Sebagai Media Filtrasi & Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Pb Dalam Limbah Laboratorium Kualitas Air FTSP UII . Dibimbing oleh Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.

Limbah laboratorium tergolong dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di mana di dalamnya banyak terkandung logam berat salah satunya yaitu Pb. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas arang bambu aktif sebagai media filtrasi dan adsorpsi dalam mengurangi kadar Pb pada limbah cair, dengan memvariasikan ketebalan media dan waktu kontak, sehingga dapat diperoleh kondisi optimal dalam pengolahan limbah dan membandingkan perubahan struktur permukaan dan gugus fungsi pada karbon aktif dari arang bambu sebelum dan setelah pemakaian dalam filtrasi dan adsorpsi, menggunakan analisis SEM dan FTIR. Metode pengujian dilakukan dengan menggunakan teknologi filtrasi dan adsorpsi dengan karbon aktif yang setelahnya sampel akan dilakukan pengujian menggunakan AAS. Hasil data menunjukkan adanya hubungan antara logam (Pb) dengan karbon aktif menggunakan waktu kontak lima menit dengan efisiensi removal yang didapatkan menggunakan variasi ketebalan media 5 cm sebesar 19% kemudian ketebalan 10 cm sebesar 44% dan ketebalan 15 cm sebesar 60%. Serta mencari waktu jenuh arang yang digunakan hingga didapatkan hasil yaitu pada variasi waktu 120 menit arang sudah tidak bisa mengikat logam untuk menurunkan konsentrasi.

Kata kunci : Limbah laboratorium, Karbon Aktif, Timbal (Pb)

ABSTRACT

ISNAINI HIDAYATI. Bamboo Charcoal as Filtration & Adsorption Media to Reduce Pb Levels in Water Quality Laboratory Waste FTSP UII. Supervised by Mr. Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.

Laboratory waste is classified as hazardous and toxic waste (B3), containing a significant amount of heavy metals, one of which is Pb. This study aims to determine the effectiveness of activated bamboo charcoal as a filtration and adsorption medium in reducing Pb levels in liquid waste by varying media thickness and contact time to achieve optimal waste treatment conditions. The study also seeks to compare changes in surface structure and functional groups of bamboo charcoal-based activated carbon before and after use in filtration and adsorption processes, using SEM and FTIR analyses. The testing method employed filtration and adsorption technology using activated carbon, followed by sample analysis with AAS. The results show a relationship between Pb and activated carbon with a five-minute contact time, yielding removal efficiencies of 19% with a media thickness of 5 cm, 44% with 10 cm, and 60% with 15 cm. Additionally, the saturation time of the activated bamboo charcoal was determined, revealing that at 120 minutes, the charcoal could no longer bind metals to reduce their concentration.

Keywords : Laboratory Waste, Activated Carbon, Lead (Pb)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Berbahaya dan Beracun	5
2.2 Limbah Laboratorium	6
2.3 Logam Berat Timbal (Pb)	7
2.4 Bambu Apus	8
2.5 Karbon Aktif	8
2.6 Teknologi Pengolahan Limbah	9
2.6.1 Filtrasi	9
2.6.2 Adsorpsi	10
2.10 Penelitian Terdahulu	11

BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Lokasi.....	15
3.2 Prosedur Analisis Data	15
3.2.1 Alat dan Bahan	15
3.2.2 Preparasi dan Aktivasi karbon aktif	18
3.2.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.4 Analisis Data	20
3.4.1 Studi Literatur	21
3.4.2 Variabel Penelitian	21
3.4.3 Perancangan dan pembuatan reaktor.....	22
3.4.4 Pembuatan Arang bambu	23
3.4.5 Pengayakan dan Aktivasi arang bambu	24
3.4.6 Pencucian arang sampai pH Netral	25
3.4.7 Pembuatan Media Filtrasi	25
3.4.8 Penyaringan limbah laboratorium ke dalam media filtrasi	25
3.4.9 Analisis Kadar Timbal (Pb)	27
BAB IV	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Kualitas dan Karakteristik Air Limbah Laboratorium Kualitas Air	28
4.2 Hasil Pengolahan Limbah Laboratorium dengan Reaktor	29
4.3. Hasil Pengujian	31
4.3.1 Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)	31
4.3.2 Presentase Removal	33
4.3.3. Analisis Waktu Jenuh.....	34
4.4. Karakterisasi Adsorben	35

4.4.1 <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	36
4.2.2 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	37
BAB V	40
SIMPULAN DAN SARAN	40
1.1 Simpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3. 1 dimensi Reaktor	22
Tabel 4. 1 Identitas Sampel.....	28
Tabel 4. 2 Karakteristik air limbah Laboratorium	29
Tabel 4. 3 Hasil pH Setelah diolah.....	30

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tahapan alur Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Penelitian	23
Gambar 3. 3 Arang hasil furnace	24
Gambar 3. 4 (a) Pengadukan arang 24 jam dan (b) Pencampuran larutan.....	25
Gambar 3. 5 Pencucian arang menggunakan Aquades	25
Gambar 3. 6 Penyaringan limbah dengan karbon aktif.....	27

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Kurva kalibrasi	46
Lampiran 1. 2 Preparasi pengujian sampel	46
Lampiran 1. 3 Preparasi pembuatan karbon aktif	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan sisa buangan yang dihasilkan dari berbagai proses produksi, baik yang berasal dari industri maupun dari rumah tangga serta dari aktivitas manusia. Dari banyaknya limbah tersebut salah satunya yaitu limbah bahan berbahaya dan beracun menurut peraturan pemerintah No. 22 Tahun 2021 limbah bahan berbahaya dan beracun merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung B3. Limbah B3 merupakan zat, energi, atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan serta merusak dan membahayakan Lingkungan Hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Limbah laboratorium biasanya terdiri dari limbah cair, gas, atau padat yang berasal dari sisa buangan dari kegiatan di laboratorium, seperti praktikum, penelitian, pengujian, yang mana menggunakan bahan dan larutan kimia di dalamnya (Angraini, 2022). Limbah laboratorium dihasilkan dari berbagai sumber, seperti bahan baku yang sudah tidak layak pakai, bahan baku yang telah kadaluarsa, hasil dari proses di laboratorium, produk pengelolaan limbah, sisa bahan kimia setelah pemakaian, air bekas mencuci peralatan, dan sisa sampel yang telah diuji (Nurhayati dkk., 2018)

Logam berat menjadi salah satu penyebab utama pencemaran karena sifatnya yang berbahaya dan tidak dapat terurai (*nondegradable*) oleh organisme, sehingga cenderung terakumulasi di lingkungan. Salah satu parameter yang terdapat pada logam berat adalah timbal (Pb). Timbal termasuk jenis logam berat dengan titik leleh rendah, mudah dibentuk, dan sering digunakan sebagai pelapis logam untuk mencegah korosi. Logam berat seperti timbal (Pb) digolongkan sebagai bahan pencemar yang berbahaya dan beracun bagi makhluk hidup (Saputri & layla, 2024)

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon biasanya dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon

dengan menggunakan pemanasan pada suhu tinggi (Gultom., dkk 2014). Karbon aktif yang berasal dari bambu dianggap cukup efektif karena kandungan lignin dan selulosa yang tinggi. Selulosa, sebagai komponen utama pembentukan karbon, memiliki kadar sekitar 42,4%-53,5%. Selain itu, bambu juga mengandung lignin sebesar 19,8%-26,6%, pentosan sebesar 1,24%-3,77%, abu sebesar 1,24%-3,77%, dan silika sebesar 0,10%-1,78% (Arsad dkk., 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode sederhana yang efektif untuk menyisihkan logam berat (Pb) dari limbah cair laboratorium dengan menggunakan filtrasi dan adsorpsi menggunakan karbon aktif dimana pembuatan karbon aktif akan menggunakan bambu apus sebagai bahan utamanya, dimana alasan bambu apus digunakan yaitu karena mudah ditemui serta memiliki hasil rendeman arang yang lebih besar. Meskipun teknik penyisihan logam berat dengan metode filtrasi atau metode adsorpsi telah banyak dikenal serta digunakan, tetapi informasi dari penelitian memiliki manfaat untuk menurunkan kadar logam berat (Pb) dalam pengelolaan limbah cair di laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas kemampuan filtrasi dan adsorpsi arang bambu aktif dalam mengurangi kadar Pb pada limbah cair di Laboratorium Kualitas Lingkungan dengan variasi ketebalan media?
2. Pada waktu berapakah arang sudah tidak bisa menyaring ion logam Pb hingga mendapatkan waktu jenuh ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui tingkat efektivitas arang bambu aktif sebagai media filtrasi dan adsorpsi dalam mengurangi kadar Pb pada limbah cair, dengan memvariasikan ketebalan media dan waktu kontak, sehingga dapat diperoleh kondisi optimal dalam pengolahan limbah tersebut.

2. Untuk membandingkan perubahan struktur permukaan dan gugus fungsi pada karbon aktif dari arang bambu sebelum dan setelah pemakaian dalam filtrasi dan adsorpsi, menggunakan analisis SEM dan FTIR, guna memahami pengaruh aktivasi dan penggunaan terhadap karakteristik karbon aktif.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memperoleh kondisi optimal dalam penggunaan arang bambu aktif untuk pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat, yang dapat membantu menurunkan kadar Pb hingga aman bagi lingkungan.
2. Mendapatkan informasi perubahan struktur dan sifat kimia karbon aktif, yang berguna untuk meningkatkan efektivitas dan daya tahan karbon aktif dalam aplikasi filtrasi dan adsorpsi.
3. Mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh limbah yang terdapat di laboratorium menggunakan penyaringan dengan karbon aktif.

1.6 Ruang Lingkup

Batasan dan Ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Penelitian tugas akhir dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Limbah yang digunakan pada penelitian berasal dari aktivitas atau bahan sisa praktikum yang dilaksanakan di Laboratorium kualitas air.
3. Fokus pada penggunaan arang bambu aktif sebagai media filtrasi dan adsorpsi untuk mengurangi kadar Pb dalam limbah cair di Laboratorium Kualitas Lingkungan, serta pengaruh variasi ketebalan media terhadap efektivitas proses tersebut.
4. Meliputi aplikasi teknik *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk menganalisis perubahan morfologi permukaan dan gugus fungsional arang bambu

aktif dalam berbagai tahapan, yaitu sebelum dan setelah penggunaan dalam proses filtrasi dan adsorpsi.

5. Analisis logam berat pada parameter Timbal (Pb) yaitu menggunakan *Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)* tipe GBC Avanta Everest

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Berbahaya dan Beracun

Menurut peraturan pemerintah No. 22 Tahun 2021 limbah bahan berbahaya dan beracun merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung B3. Bahan Berbahaya dan Beracun yang disingkat B3 merupakan zat, energi, atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan serta merusak dan membahayakan Lingkungan Hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Limbah berbahaya dan beracun yang dibuang langsung ke lingkungan akan menimbulkan bahaya bagi ekosistem, kesehatan manusia, serta makhluk hidup lainnya. Limbah bahan berbahaya dan beracun juga memiliki karakteristik di mana menurut Permen LHK Nomor 12 tahun 2020 adalah cairan dan padatan mudah terbakar, reaktif, mudah meledak, beracun, korosif, infeksius, karsinogenik, toksik, teratogenik dan berbahaya terhadap lingkungan. Pencemaran akibat limbah B3 dari hasil aktivitas dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung, pada proses secara langsung, pencemar dapat menyebabkan keracunan yang berdampak pada kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, serta mengganggu keseimbangan ekosistem yang ada di air, udara, dan tanah. Sedangkan jika pada proses tidak langsung, bahan kimia dalam limbah bereaksi dengan air dan tanah, sehingga memicu polusi yang akhirnya menyebabkan pencemaran lingkungan (Nurlani, 2017).

Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) melibatkan serangkaian aktivitas, seperti penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, pengolahan, hingga penimbunan limbah B3 yang dihasilkan dari proses pengolahan tersebut. Proses tersebut melibatkan berbagai pihak yang saling terhubung sebagai bagian dari rantai pengelolaan, yaitu

produsen, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, dan penimbun limbah B3. Tujuan utama dari pengolahan limbah B3 yaitu untuk mengurangi atau menghilangkan sifat berbahaya serta sifat yang memiliki racun (Rachman, R. A. 2024).

2.2 Limbah Laboratorium

Pencemaran air yang diakibatkan oleh aktivitas manusia tidak hanya berasal dari limbah industri dan limbah rumah tangga, tetapi juga dapat dari berbagai aktivitas lainnya. Salah satu contohnya adalah limbah yang dihasilkan pada kegiatan yang ada di laboratorium. Limbah laboratorium biasanya terdiri dari limbah cair, gas, atau padat yang berasal dari sisa buangan dari kegiatan di laboratorium, seperti praktikum, penelitian, pengujian, yang mana menggunakan bahan dan larutan kimia di dalamnya (Angraini, 2022).

Saat ini pengolahan limbah laboratorium sering kali belum menjadi prioritas utama. Limbah dari laboratorium di lembaga Pendidikan biasanya akan langsung dibuang kedalam wastafel pembuangan atau hanya akan ditampung dalam dirigen, kemudian dikirim ke lembaga pengolah limbah bersertifikat untuk penanganan lebih lanjut. Limbah laboratorium mengandung berbagai bahan organik dan anorganik yang dapat merusak lingkungan jika dibuang langsung tanpa adanya pengolahan. Dampak dari limbah laboratorium yaitu dapat mengakibatkan kerusakan struktur tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem, serta berbahaya bagi kesehatan manusia. Didalam Limbah laboratorium salah satunya terdapat logam berat yaitu seperti Cu, Fe, Pb, Cd, Mn, Zn, Hg, Al serta bahan kimia lainnya (Fajri, 2018).

Limbah laboratorium biasanya dihasilkan dari berbagai sumber, seperti bahan baku yang sudah tidak layak pakai, hasil dari proses di laboratorium, sisa dari bahan kimia setelah pemakaian, air bekas mencuci peralatan, dan sisa sampel dalam pengujian (Nurhayati dkk.,2018).

2.3 Logam Berat Timbal (Pb)

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat menjadi masalah yang cukup serius. Logam berat merupakan zat pencemar yang sangat berbahaya bagi sistem lingkungan hidup karena bersifat toksik bagi manusia dan tidak dapat terurai secara alami sehingga cenderung terakumulasi di dalam perairan dan tubuh organisme lain (Gu et al.,2018). Logam berat sangat berbahaya karena dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan, pencernaan, melalui pori-pori kulit kemudian beredar keseluruh tubuh. Salah satu contoh logam berat yang dapat mencemari lingkungan yaitu Timbal (Pb). Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan afinitas tinggi terhadap belerang di mana dapat merusak ikatan belerang pada enzim serta sebagai zat pencemar berbahaya, Timbal biasanya ditemukan dalam air dalam bentuk $Pb(OH)_2$. Sebagian besar timbal yang ada di bumi memasuki ekosistem perairan alami dan terakumulasi, sehingga berpotensi masuk ke tubuh manusia dan hewan. Jika timbal terserap oleh tubuh manusia, dapat menyebabkan penurunan kecerdasan pada anak, hambatan pertumbuhan, hingga kelumpuhan (Widayatno dkk., 2017)

Timbal (Pb) lebih dikenal dalam kehidupan sehari-hari sebagai timah hitam, memiliki nama ilmiah plumbum (Pb). Logam ini memiliki empat bentuk isotop dan berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan. Timbal memiliki titik leleh sebesar $327,5^{\circ}C$ dan titik didih mencapai $1740^{\circ}C$ pada tekanan atmosfer (Gusnita, 2012).

Timbal (Pb) memiliki sifat yang persisten dan toksik serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Penyerapan timbal di dalam tubuh berlangsung secara lambat, sehingga menyebabkan akumulasi yang dapat memicu keracunan progresif. Keracunan timbal ini mengakibatkan peningkatan kadar timbal di berbagai organ tubuh, seperti aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung, dan otak (Puspito.,dkk. 2018)

2.4 Bambu Apus

Bambu termasuk dalam keluarga *Gramineae* (rumput-rumputan) yang memiliki potensi tinggi sebagai bahan dasar untuk pembuatan karbon aktif. Potensi ini didukung oleh keberadaan sekitar 1.000 spesies bambu yang tersebar di lebih dari 80 negara, dengan sekitar 200 spesies di antaranya berada di kawasan Asia Tenggara (Hutapea, 2017). Di Indonesia sendiri memiliki kurang lebih 60 lebih jenis spesies bambu yang keberadaannya belum dimaksimalkan penggunaannya, salah satu jenis bambu tersebut yaitu bambu Apus (*Gigantochloa Apus*) dimana pada penelitian ini bambu yang akan digunakan yaitu bambu Apus.

Bambu apus (*Gigantochloa apus*) adalah jenis bambu yang memiliki akar serabut berwarna kekuningan. Batang bambu apus muda bertekstur padat dengan pori-pori halus dan berwarna hijau kehitaman, sedangkan batang yang sudah tua berubah menjadi hijau kekuningan. Diameter batang bambu apus tua umumnya antara 9-15 cm, dengan ketebalan dinding sekitar 6-13 mm dan tinggi mencapai 10-15 meter. Batang bambu ini dilapisi pelepah berwarna coklat kehitaman yang tetap melekat meskipun sudah tua (Sihombing,M. Manurung, 2012).

2.5. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material padat berpori yang terdiri dari 85-95% karbon. Bahan ini dihasilkan melalui proses pemanasan bahan kaya karbon pada suhu tinggi, menggunakan gas, uap air, atau bahan kimia untuk membuka pori-porinya. Karbon aktif dikenal sebagai absorben yang sangat efektif, berkat luas permukaannya yang besar dan volume mikropori yang signifikan, serta kemampuannya untuk diregenerasi dengan relatif mudah (Maulinda dkk.2015).

Secara umum produksi karbon aktif dari bambu cukup efektif dan mudah karena bambu mengandung lignin selulosa yang cukup tinggi. Kadar selulosa yang menjadi unsur utama pembentukan karbon berkisar 42.4%-53.5%, kadar lignin berkisar antara 19.8%-26.6%, kadar pentosan berkisar antara 1.24%-3.77%,kadar Abu berkisar antara 1.24%-3.77% dan kadar silika berkisar antara 0.10%-1.78% (Arsad, 2015).

Arang bambu memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan arang dari tempurung kelapa dan arang bakau. Beberapa keunggulan arang bambu seperti berikut :

- a. Memiliki nilai adsorpsi yang tinggi serta potensi besar untuk diolah menjadi arang aktif.
- b. Bambu mudah ditemukan karena tingkat pertumbuhannya yang cepat dan ketersediaannya yang melimpah, sehingga bahan bakunya lebih mudah diperoleh.
- c. Arang dari bambu memiliki struktur pori yang baik, karakteristik biologi yang khusus, luas permukaan yang besar sehingga efektif untuk menyerap ion logam berat.
- d. Dilengkapi dengan pori-pori mikro unik dan permukaan yang lebih luas dibandingkan arang kayu, mencapai 300 m²/gram(Widayatno.,dkk, 2017)

2.6 Teknologi Pengolahan Limbah

2.6.1 Filtrasi

Filtrasi adalah metode pemisahan partikel dalam suatu fluida dengan cara melewatkannya melalui media penyaring, sehingga partikel padat tertahan dan mengendap. Fluida yang mengalami proses filtrasi dapat berupa cairan atau gas, sedangkan hasil penyaringan dapat berupa cairan maupun padatan (Kusnadi et.al.,2021).

Filtrasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan logam dalam limbah laboratorium. Pada penelitian ini, bahan utama yang digunakan adalah arang bambu yang telah diaktifkan sebagai karbon aktif. Beberapa manfaat utama dari filtrasi meliputi:

1. Pemurnian Air: Filtrasi sering digunakan untuk memurnikan air, baik untuk konsumsi manusia maupun keperluan industri. Proses ini melibatkan penyaringan partikel padat, mikroorganisme, dan bahan kimia dari air, sehingga air menjadi aman untuk diminum atau digunakan dalam proses industri.

2. Pemurnian Cairan: Selain air, filtrasi juga dimanfaatkan untuk memurnikan cairan lain seperti minyak, bahan kimia, dan pelarut. Metode ini membantu menghilangkan kotoran, zat terlarut, serta kontaminan lainnya, sehingga meningkatkan kualitas dan kemurnian cairan.
3. Pemisahan Zat: Filtrasi dapat digunakan untuk memisahkan campuran berbagai zat berdasarkan ukuran partikel atau sifat-sifat lainnya, sehingga memungkinkan pemisahan yang lebih efisien dan efektif.

2.6.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah fenomena pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan, yang terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya di permukaan tersebut. Meskipun proses adsorpsi dapat berlangsung di seluruh permukaan suatu benda, biasanya partikel dari bahan cair diserap oleh permukaan bahan padat. Zat yang diserap disebut adsorbat atau solut, sedangkan bahan yang menyerap disebut adsorben. Interaksi antara adsorbat dan adsorben dipengaruhi oleh sifat masing-masing. Salah satu indikator yang umum digunakan untuk memprediksi kekuatan adsorpsi adalah tingkat kepolaran antara adsorben dan adsorbat (Purwaningsih, 2009).

Pada proses adsorpsi terjadi pemisahan komponen dari satu fase fluida yang berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat menyerap. Zat yang bersifat menyerap ini disebut adsorben sedangkan zat yang terserap disebut adsorbat. Peristiwa adsorpsi dapat terjadi pada zat padat dengan zat cair, zat padat dengan gas, zat cair dengan zat cair, ataupun gas dengan zat cair. Pada peristiwa adsorpsi umumnya terjadi proses penggumpalan bahan terlarut oleh permukaan benda adsorben yang memiliki struktur berpori. Adanya perbedaan molekul dan perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul akan melekat lebih erat pada permukaan adsorben dibanding dengan molekul-molekul lainnya. Semakin besar penambahan dosis adsorben dapat mengakibatkan terbentuknya agregat dari partikel hingga luas permukaan adsorben menurun dan efisiensi

adsorpsi juga menurun. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan air, dengan teknik ini memanfaatkan adsorben untuk menghilangkan polutan organik. Beberapa material yang dapat berperan sebagai adsorben meliputi asam humat, tanah diatomae, bentonit, biomassa mikroorganisme air, karbon aktif, alumina, silika gel, dan zeolite (Sari dan Tuzen, 2014).

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Selain itu metode ini lebih menguntungkan dari pada metode lainnya, karena biaya yang diperlukan relatif lebih murah, sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya. Umumnya adsorben yang paling potensial adalah arang aktif sebab memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga kemampuan adsorpsinya besar (Sembiring, 2003).

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai penurunan kandungan logam berat (Pb) menggunakan karbon aktif yang sudah dilakukan sebelumnya pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	(Widayanto dkk., 2017)	Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif	Bertujuan untuk menentukan pengaruh aktivasi dan tinggi packing arang bambu terhadap adsorpsi serta lamanya waktu kontak yang digunakan pada saat adsorpsi untuk penjerapan kadar logam Pb yang sedang dilakukan. Adsorpsi dilakukan menggunakan arang yang sudah teraktivasi dan belum teraktivasi.

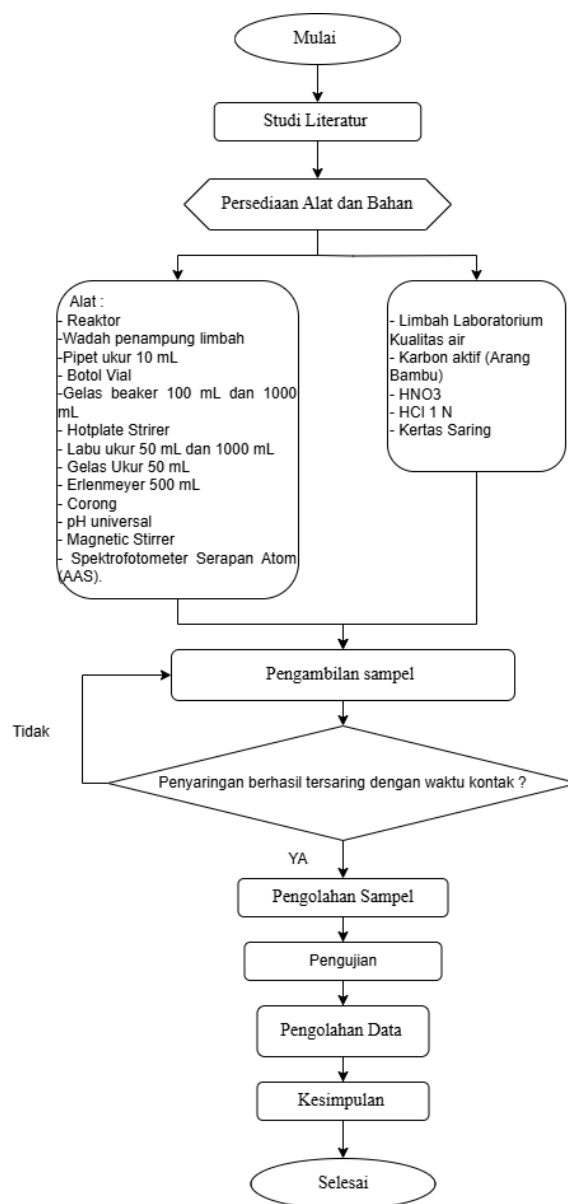
			Hasil Penelitian menunjukan bahwa sampel air limbah dapat diturunkan dengan menggunakan arang bambu aktif serta belum teraktivasi menggunakan model adsorpsi Thomas secara kontinyu dan berdasarkan ketinggian packing serta lamanya waktu kontak.
2.	(Anggraini dkk., 2022)	Pengaruh pH Dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu dan Cd.	Bertujuan untuk mereduksi logam berat Pb, Cu dan Cd dalam air limbah laboratorium dengan menggunakan metode adsorpsi menggunakan adsorben yaitu karbon aktif dan zeolit sintetik adsorbennya. Hasil Penelitian menunjukkan terdapat presentase penurunan logam Pb terbesar menggunakan karbon aktif sebesar 97,93 % yang dicapai pada pH 7, sedangkan pada media zeolite sebesar 98,47 % dan didapatkan pH 6. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH dapat berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

Berikut tahapan-tahapan pekerjaan dalam melakukan Penelitian Arang Bambu sebagai media filtrasi dan adsorpsi untuk menurunkan kadar Pb dalam limbah laboratorium kualitas air FTSP UII yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tahapan alur Penelitian

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium UII dengan pengambilan sampel limbah yang berasal dari laboratorium Kualitas Air. Metode pengambilan sampel berdasarkan SNI 6989.59.2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Penelitian ini dimulai pada bulan Mei 2024 sampai pada bulan Oktober 2024.

3.2 Prosedur Analisis Data

3.2.1 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Alat



Reaktor



*Spektrofotometer Serapan Atom
(AAS)*



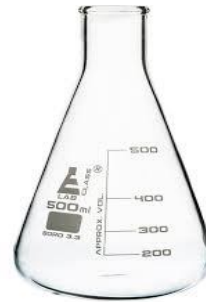
pH Universal



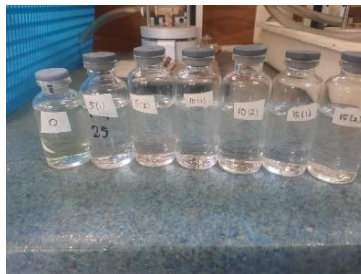
Wadah Penampung



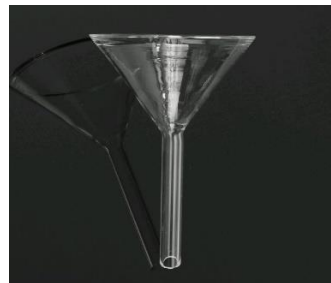
Gelas ukur 50 mL



Erlenmeyer 500 mL



Botol Vial



Corong



Beaker glass 100 mL



Beaker glass 1000 mL



Magnetic Stirrer



Hotplate Stirrer



Labu ukur 50 mL



Labu Ukur 1000 mL

b) Bahan



Limbah Laboratorium



Karbon aktif (Arang bambu)



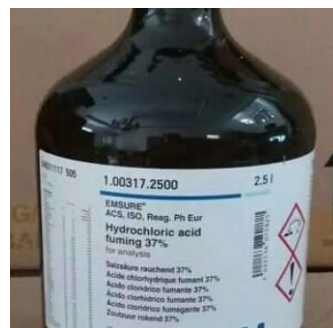
Aquadest



HNO_3



Kertas Saring



HCl

3.2.2 Preparasi dan Aktivasi karbon aktif

Penelitian ini dilakukan dengan adanya beberapa tahapan salah satunya preparasi serta aktivasi dalam pembuatan karbon aktif dari arang bambu.

1. Tahapan preparasi pembuatan arang dapat dilihat sebagai berikut :
 - a) Menyiapkan serbuk bambu
 - b) Mengeringkan serbuk bambu menggunakan oven dengan suhu 100 °C selama 24 jam
 - c) Membakar arang menggunakan *furnace* dengan suhu 400°C selama 30 menit hingga menjadi arang
 - d) Menghaluskan serbuk bambu yang sudah menjadi arang menggunakan *mortar*
 - e) Mengayak arang yang sudah dihaluskan menggunakan ayakan 80 *mesh*
 - f) Arang yang sudah di ayak siap untuk di aktivasi
2. Tahapan aktivasi arang bambu yang sudah siap yaitu sebagai berikut:
 - a. Menyiapkan arang bambu yang sudah telah jadi dan sudah di ayak
 - b. Memasukkan arang kedalam beaker glass
 - c. Menambahkan 100 mL HCl 1 N

- d. Mengaduk arang yang sudah dimasukkan ke dalam beaker glass menggunakan hotplate stirrer dengan magnetic stirrer sebagai pengaduknya selama 1 x 24 jam
- e. Mencuci arang yang sudah di aktivasi menggunakan aquades hingga pH netral (pH 7)
- f. Mengeringkan arang yang sudah netral menggunakan oven dengan suhu 100 °C selama 24 jam
- g. Karbon aktif dari arang bambu siap digunakan.

3.2.3 Prosedur Penelitian

A. Persiapan Pengujian

Prosedur persiapan pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Menyiapkan reaktor sesuai dengan kebutuhan penelitian di mana pada penelitian ini menggunakan tiga reaktor.
- b. Memasukkan arang ke dalam reaktor sesuai dengan ketebalan arang yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan sebanyak 1,6 kg arang bambu di mana pada reaktor pertama karbon aktif yang digunakan sebanyak 280 gram untuk ketebalan 5 cm, 520 gram ketebalan 10 cm dan 15 cm dengan ketebalan 800 gram.
- c. Menuangkan limbah laboratorium sebanyak 1000 mL ke dalam reaktor yang sudah berisi karbon aktif.
- d. Limbah hasil saringan akan ditampung menggunakan gelas beaker 1000 mL.
- e. Menuangkan hasil saringan sebanyak 50 mL ke dalam gelas beaker 100 mL lalu menambahkan HNO_3 sebanyak 2,5 mL ke dalamnya.
- f. Sampel akan didestruksi menggunakan suhu 108 °C diatas hotplate stirrer sampai larutan berkisar 10-15 mL. Setelahnya akan disaring menggunakan kertas saring ke dalam labu ukur 50 mL dan di homogenkan menggunakan aquades.
- g. Hasil saringan siap di uji menggunakan AAS.

3.4 Analisis Data

Metode yang digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis regresi linear. Linearitas merupakan kapasitas mode analitik untuk merespon secara proporsional terhadap konsentrasi analit dan sampel. Pendekatan matematis melalui penyusunan persamaan garis lurus dan pendekatan kuadrat terkecil antar data pengukuran dan konsentrasi adalah hal yang diujikan dalam pengujian linearitas. Berikut merupakan persamaan garis regresi untuk mengetahui besarnya konsentrasi analit :

$$Y = bX + a \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

Dimana :

Y = nilai adsorbansi

b = kemiringan atau slope garis Y

a = Intercept garis Y

x = konsentrasi

Intersep merupakan nilai respons yang ditunjukkan oleh kemampuan instrumen terhadap blangko, di mana nilai idealnya adalah nol. Kemiringan (*slope*) adalah nilai yang menunjukkan tingkat sensitivitas dari metode pengujian. Nilai kesensitifan metode pengujian akan semakin besar apabila nilai kemiringannya semakin besar pula. Korelasi (R) merupakan korelasi antara konsentrasi analit (x) dengan respon instrumen. Nilai korelasi minimum yang diperlukan untuk menguji logam sesuai dengan panduan EPA adalah 0,995. Dalam hal ini, dapat dilakukan perhitungan konsentrasi logam dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$\text{Konsentrasi logam } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = C \times Fp \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

Di mana :

C= konsentrasi sampel terbaca (mg/L)

Fp = faktor pengenceran

Jika instrumen tidak mampu membaca konsentrasi logam karena nilainya terlalu tinggi, maka langkah yang diambil adalah melakukan pengenceran untuk mengidentifikasi konsentrasi logam berat. Konsentrasi logam yang telah diketahui, kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan.

Selain dengan metode yang telah disebutkan, metode analisis penelitian ini juga menggunakan metode kuantitatif dengan membandingkan nilai akhir setiap parameter uji setelah pengolahan dengan sebelum pengolahan sehingga akan menemukan nilai *efisiensi removal* dari setiap tahap pengolahan. Berikut rumus matematis dari perhitungan efisiensi reaktor :

$$\text{Efisiensi} = \frac{C_0(C_a - C_0)}{C_0} \times 100\%$$

Di mana : C_0 = Nilai konsentrasi Pb sebelum pengolahan

C_a = Nilai Konsentrasi Pb setelah pengolahan

3.4.1 Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari sumber dengan literatur berupa referensi yang terkait dengan suatu kegiatan yang akan ada dalam pelengkap untuk pembanding suatu data yang akan digunakan

3.4.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif deskriptif, yang mana pada saat penelitian akan membandingkan hasil pengujian pada setiap parameter uji secara duplo pada saat sebelum dan sesudah pengolahan sampel uji menggunakan reaktor. Penelitian ini menggunakan variabel penelitian sebagai berikut :

a. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan menjadi faktor pembeda pada setiap sampel uji. Variabel yang akan digunakan berpengaruh pada variabel terikat. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah ketebalan media yang digunakan yaitu 5 cm, 10 cm dan 15 cm serta penentuan waktu jenuh.

b. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang tidak diubah. Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada volume limbah dan waktu kontak. Debit aliran limbah yang digunakan yaitu 1000 mL/cm untuk waktu kontak 5 menit pada setiap ketebalan arang aktif.

c. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan hasil dari proses yang terjadi. Pada penelitian ini, variabel terikat yang digunakan adalah nilai konsentrasi dan persentase *removal* logam Pb serta penentuan waktu jenuh dari arang aktif.

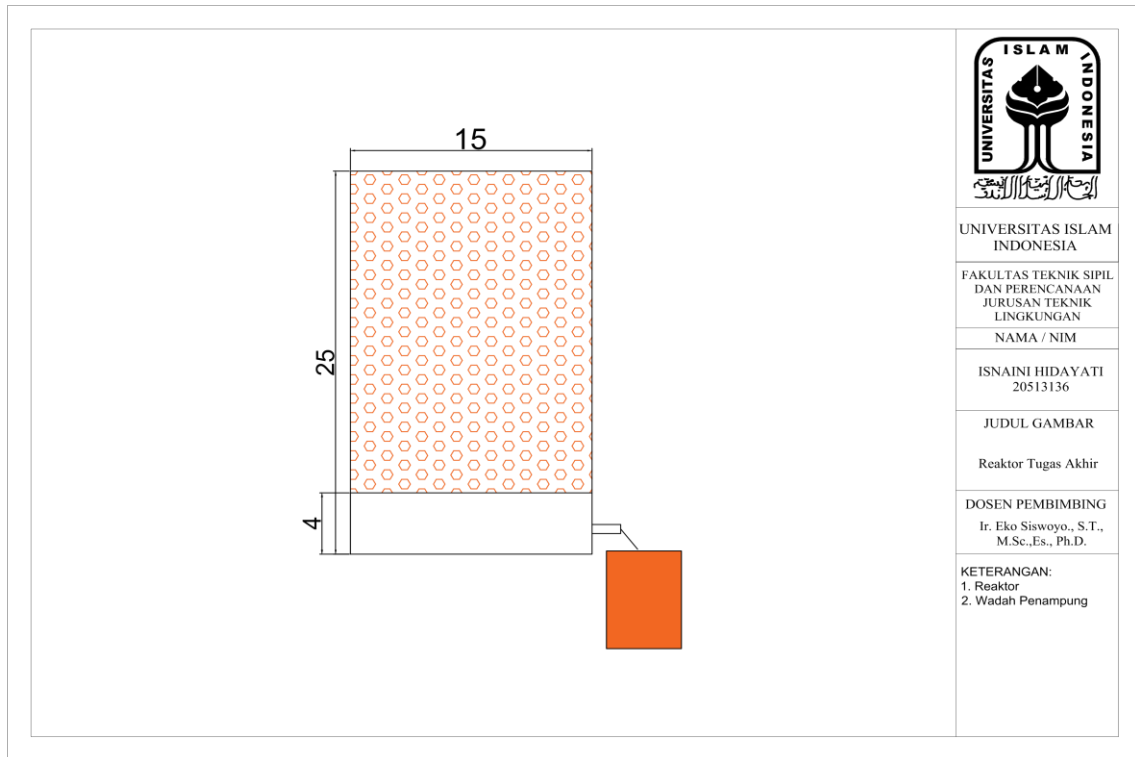
3.4.3 Perancangan dan pembuatan reaktor

Penelitian ini menggunakan tiga unit reaktor yang terbuat dari kaca dan akan digunakan pada proses pengolahan air limbah berupa filtrasi dan adsorpsi untuk menurunkan kandungan Pb dalam limbah. Reaktor yang akan digunakan memiliki ukuran sebagaimana tertera dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Dimensi Reaktor

Dimensi	Simbol	Ukuran	Satuan
Panjang	P	15	cm
Lebar	L	15	cm
Tinggi Sekat	T	4	cm
Tinggi	T	25	cm

Desain reaktor dalam proses filtrasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Desain Reaktor Penelitian

3.4.4 Pembuatan Arang bambu

Bahan yang digunakan dalam pembuatan arang bambu ialah bambu apus (*Gigantochloa apus*) di mana bambu apus dicuci sampai bersih lalu dikeringkan di bawah terik matahari. Selanjutnya bambu dipotong menjadi bagian-bagian kecil terlebih dahulu sebelum dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk halus. Kemudian bambu yang telah dihaluskan akan dikeringkan kembali menggunakan oven selama 24 jam menggunakan suhu 100°C sebelum dilakukan pembakaran menggunakan *furnace* dengan suhu 400°C selama 30 menit untuk mendapatkan arang dari bambu yang akan digunakan untuk penelitian ini. Hasil dari pembuatan arang bambu dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Arang hasil *furnace*

Selain itu arang bambu yang digunakan juga didapatkan dari *marketplace* dikarenakan pada saat melakukan proses penelitian memerlukan banyak arang sehingga jika hanya menggunakan arang yang didapatkan dari pembuatan sendiri akan tidak mencukupi untuk proses penelitian.

3.4.5 Pengayakan dan Aktivasi arang bambu

Dalam tahap ini arang bambu yang telah jadi akan dihaluskan lalu dilakukan pengayakan menggunakan ayakan 80 *mesh* untuk mendapatkan arang yang sudah halus serta tidak ada kandungan selain arang di dalamnya. Setelahnya arang akan direndam menggunakan HCl 1 N selama 24 jam menggunakan hotplate stirrer di mana pada saat aktivasi di dalam gelas *beaker* yang berisi arang dimasukkan magnetic stirrer untuk dilakukan pengadukan. Proses aktivasi arang yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



(A)

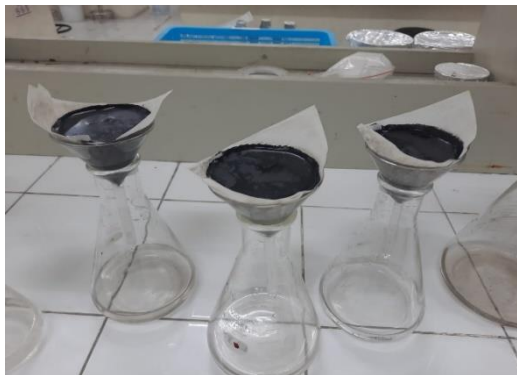


(B)

Gambar 3. 4 (a) Pengadukan arang 24 jam dan (b) Pencampuran larutan

3.4.6 Pencucian arang sampai pH Netral

Dalam tahap ini Arang yang telah di aktivasi menggunakan HCl 1 N selama 24 jam menggunakan *hotplate stirer* akan dicuci menggunakan aquades serta dilakukannya penyaringan menggunakan kertas saring sampai arang memiliki pH netral yaitu 7 sebelum dapat digunakan untuk bahan filtrasi. Proses pencucian arang untuk mendapatkan pH netral dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pencucian arang menggunakan Aquades

3.4.7 Pembuatan Media Filtrasi

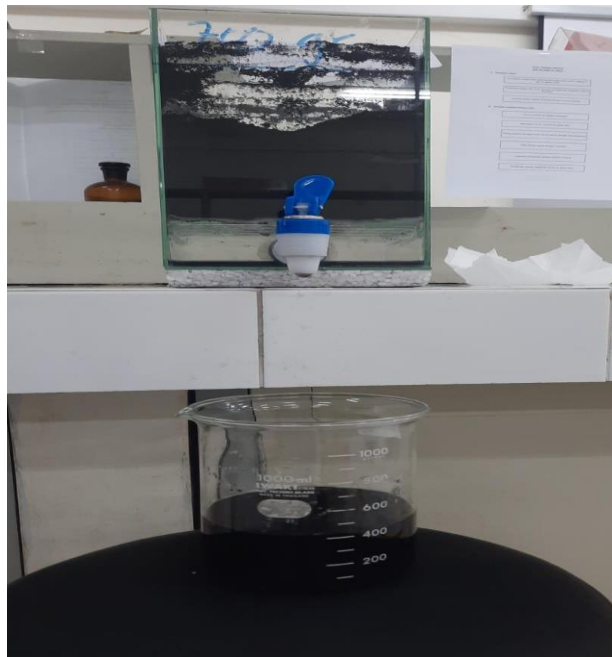
Dalam tahap ini arang yang sudah memiliki pH netral dan sudah dikeringkan akan ditimbang beratnya lalu dimasukkan ke dalam masing – masing reaktor berdasarkan ketebalan media dari arang yang akan digunakan saat penelitian ini dilakukan.

3.4.8 Penyaringan limbah laboratorium ke dalam media filtrasi

Sampel limbah sebelum dimasukkan ke media filter telah dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui kadar parameter Pb yang ada di dalamnya. Selanjutnya melakukan pengolahan menggunakan media filtrasi berupa karbon aktif yang sudah disiapkan dan akan dilakukan penyaringan sampel pada air limbah.

Limbah awal yang akan digunakan dalam penyaringan yaitu sebanyak 1000 mL ditampung menggunakan gelas *beaker* 1000 mL yang kemudian akan dialirkan ke dalam reaktor. Proses adsorpsi terjadi saat limbah yang telah dituangkan melewati lapisan arang aktif, molekul-molekul polutan dalam limbah akan bersentuhan dengan permukaan pori-pori karbon aktif sehingga terjadi interaksi fisik atau kimia antara molekul polutan (adsorbat) dan permukaan arang (adsorben) menyebabkan polutan seperti logam berat, senyawa organik menempel dan terperangkap pada pori-pori karbon aktif sementara limbah akan terus mengalir melewati karbon aktif.

Pengujian ini dilakukan menggunakan waktu kontak 5 menit yang dilakukan sebanyak dua kali pengulangan dengan limbah yang berbeda setiap pengulangannya lalu pada saat dilakukan pengujian kran pada reaktor akan dibuka selama 5 menit saat proses pengolahan sedang berlangsung dan akan ditutup saat waktu kotak sudah memenuhi. Pada setiap reaktor ini berisi variasi ketebalan karbon aktif yaitu 5, 10 dan 15 cm. Hasil pengujian yang dapat ditampung pada setiap reaktor pengujian yaitu pada ketebalan 5 cm arang yang digunakan sebanyak 280 gram dan limbah yang dapat ditampung sebanyak 400 mL saat filtrasi pertama dan 300 mL filtrasi kedua. Pada ketebalan 10 cm arang yang digunakan sebanyak 540 gram dan limbah yang dapat ditampung sebanyak 200 mL saat filtrasi pertama dan 250 mL filtrasi kedua. Pada ketebalan 15 cm arang yang digunakan sebanyak 800 gram dan limbah yang dapat ditampung sebanyak 100 mL saat filtrasi pertama dan 150 mL filtrasi kedua. Reaktor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Penyaringan limbah dengan karbon aktif

3.4.9 Analisis Kadar Timbal (Pb)

Analisis kadar Pb menggunakan acuan SNI 6989-84:2019 dilakukan dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS). Sebelum melakukan analisis sampel menggunakan variasi ketebalan yang akan diuji menggunakan AAS. Sampel limbah diambil terlebih dahulu untuk dilakukan pengecekan konsentrasi awal limbah sebelum dilakukan penelitian. Sampel yang diambil akan didestruksi dengan cara mengambil limbah laboratorium sebanyak 50 ml ke dalam gelas beaker 100 ml lalu ditambahkan dengan asam nitrat sebanyak 2,5 ml. Setelahnya sampel dipanaskan di lemari asam menggunakan pemanas listrik pada suhu 108°C sampai larutan sampel menjadi 10 ml. Selanjutnya sampel dipindahkan ke dalam labu takar 50 ml dan disaring menggunakan kertas saring, kemudian ditambahkan *aquades* sampai tanda batas. Sampel yang telah didestruksi akan dilakukan pengujian menggunakan AAS.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas dan Karakteristik Air Limbah Laboratorium Kualitas Air

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel yang bertujuan untuk mengetahui kualitas air limbah yang berada di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII sehingga dilakukan pengukuran kualitas air pada parameter kimia yaitu Timbal (Pb). Air Limbah yang dijadikan sampel pengujian belum adanya pengolahan lanjut. Identitas mengenai sampel yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Identitas Sampel

Lokasi	Tanggal Pengambilan	pH	Titik	Waktu
Laboratorium Kualitas Air	16 Oktober 2024	1	Inlet	10:24:00

Sumber: Data Primer, 2024

Penentuan karakteristik air limbah Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia diperoleh dengan uji baku mutu logam berat Pb (Timbal) menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) tipe GBC Avanta Everest Ver 2.02. Dimana menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup di mana kadar Pb atau Timbal yang diperbolehkan adalah 0,03 mg/L.

Setelah dilakukan pengukuran nilai pH limbah cair laboratorium kualitas air menggunakan pH universal hasil yang didapatkan adalah 1 (satu), di mana tingkat keasaman limbah yang terdapat di laboratorium kualitas air dapat dikategorikan sangat asam atau tinggi. Logam yang terkandung dalam air jika memiliki pH makin asam maka kelarutannya makin besar namun sebaliknya jika larutan semakin basa maka kelarutannya makin kecil dengan ditandai adanya endapan (Tangio, 2013).

Senyawa logam berat cenderung memiliki kelarutan yang stabil pada badan air yang memiliki derajat keasaman atau pH normal pada kisaran pH 7 hingga 8.

Karakteristik air limbah laboratorium yang telah didapatkan selama dilakukan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Karakteristik air limbah Laboratorium

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	Pb	mg/L	0,2
2	pH		1

Sumber : Data Primer, 2024

Limbah yang digunakan selama pengujian didapatkan dari wadah penampungan limbah yang telah disediakan di setiap Laboratorium yang berbentuk jerigen berukuran 45 Liter dan akan diambil 1000 mL untuk dilakukan pengujian pada setiap reaktornya. Sampel limbah laboratorium yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Sampel limbah Laboratorium

4.2 Hasil Pengolahan Limbah Laboratorium dengan Reaktor

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat merupakan salah satu isu serius yang dihadapi dunia. Sebagian besar kegiatan laboratorium menghasilkan limbah cair berupa bahan kimia, yang mana jika tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan sungai akan sangat toksik bagi lingkungan.

Bahan kimia berbahaya yang sering terdapat dalam limbah laboratorium adalah logam berat timbal (Pb).

Dari hasil pengolahan limbah laboratorium yang telah dilakukan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil pH Setelah diolah

Variasi Media	pH
5 cm	1
10 cm	1
15 cm	2

Sumber : Data Primer, 2024

Limbah laboratorium sebelum dilakukan pengolahan memiliki pH satu (1) dengan warna limbah biru kehijau-hijauan, Kemudian setelah dilakukan pengolahan menggunakan proses filtrasi limbah menghasilkan warna yang lebih daripada limbah awal. Selain filtrasi limbah juga mengalami proses adsorpsi saat dilakukan penyaringan dengan karbon aktif sehingga selain warna bau limbah juga mengalami perbedaan. Berdasarkan data pada tabel di atas limbah yang telah diolah juga memiliki kenaikan terhadap kadar keasaman atau pH di mana pada ketebalan 15 cm pH limbah yang didapatkan yaitu dua (2). Hasil pengukuran pH yang telah dilakukan menggunakan pH universal dapat dilihat pada gambar 4.2.



(A)



(B)

Gambar 4. 2 (a) pH awal dan (b) pH Akhir

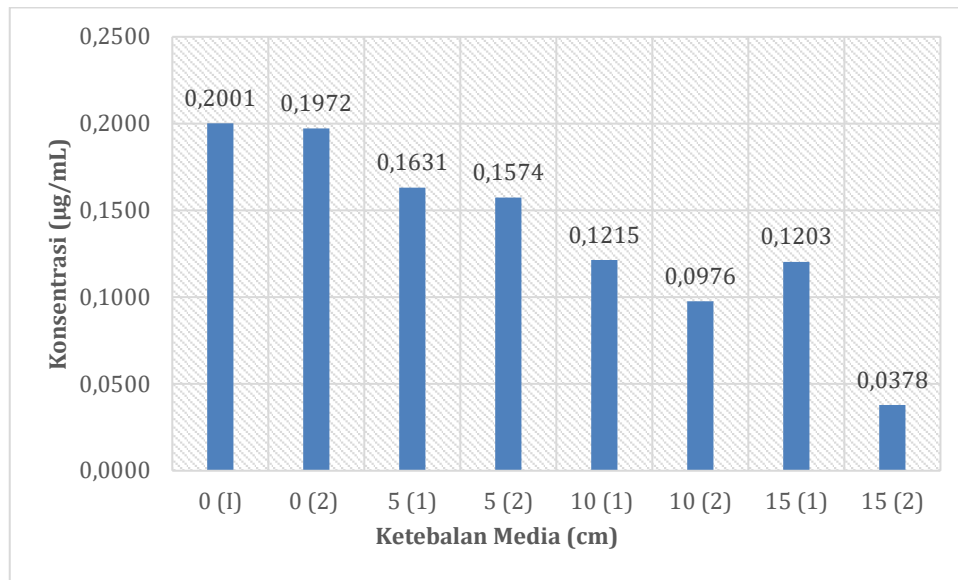
4.3. Hasil Pengujian

4.3.1 Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Pada pengujian logam berat Timbal (Pb) yang dilakukan pada penelitian ini sebelumnya dilakukan pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar yang memiliki konsentrasi 0,05; 0,1; 0,3; 0,6; 1; 1,5; dan 3 ppm. Deret standar tersebut dianalisis menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) dengan panjang gelombang 283,3 nm sesuai dengan yang ada pada SNI 6989-84:2019 tentang Air dan air limbah – Bagian 84 : cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara spektrometri Serapan Atom (AAS) Nyala. Kurva kalibrasi standar untuk timbal (Pb) merupakan linear yang menghubungkan konsentrasi timbal (Pb) dalam larutan standar dengan besaran serapan yang dihasilkan oleh instrumen AAS.

Konsentrasi logam berat timbal (Pb) berbanding lurus dengan absorbansi sehingga semakin besar konsentrasinya maka semakin besar absorbansi yang diperoleh sehingga dilakukan uji linearitas. Linieritas menunjukkan kemampuan metode analisis untuk menghasilkan respon yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel pada kisaran atau rentang yang ada sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi linier. Linearitas kurva kalibrasi yang diperoleh standar timbal (Pb) adalah $y = 0,0351x + 0,0014$ dengan regresi sebesar 0.9996. Nilai regresi yang didapatkan kurva kalibrasi standar timbal (Pb) lebih tinggi dari standar yang ditetapkan oleh EPA, yaitu 0,995 sehingga dikatakan baik.

Selanjutnya dilakukan pengujian kandungan logam berat timbal (Pb) dengan menggunakan ketebalan media 5 cm, 10 cm dan 15 cm dan waktu kontak 5 menit di setiap proses filtrasinya. Hasil dari penurunan Pb yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik penurunan konsentrasi Pb terhadap pengulangan media

Dari Gambar 4.3 didapatkan hasil uji timbal (Pb) dengan ketebalan media 5 cm, 10 cm dan 15 cm yang dilakukan secara dua kali dengan debit air limbah sebanyak 1 Liter pada penyaringan pertama lalu dialirkan ke dalam reaktor selanjutnya dilakukan pengulangan yaitu mengambil limbah kembali sebanyak 1 liter kemudian dialirkan ke dalam reaktor yang sudah digunakan sebelumnya. Pada pengujian ini arang aktif yang digunakan ketika penyaringan pertama dan kedua masih sama, penggantian media dilakukan sesuai dengan variasi ketebalan dan di reaktor yang berbeda. Sebelum dilakukan pengujian sampel yang belum diolah di uji terlebih dahulu sehingga didapatkan nilai konsentrasi limbah sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 0,2001 mg/L dan 0,1972 mg/L. Di mana jika dibandingkan dengan baku mutu air sungai dan sejenisnya menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup masih belum memenuhi standar baku mutu di mana parameter yang di izinkan yaitu 0,03 mg/L. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap limbah laboratorium tersebut menggunakan teknologi filtrasi dan adsorpsi menggunakan arang bambu yang sudah diaktivasi atau dapat dikatakan karbon aktif.

Dari grafik uji di atas untuk ketebalan media 5 cm dengan waktu kontak 5 menit setelah dilakukan filtrasi atau penyaringan didapatkan hasil 0,1631 mg/L untuk penyaringan pertama dan 0,1574 mg/L untuk penyaringan kedua. Hasil ini menunjukkan terdapat penurunan konsentrasi jika dibandingkan dengan konsentrasi limbah yang belum dilakukan penyaringan. Selanjutnya Ketebalan 10 cm dengan waktu kontak 5 menit setelah filtrasi didapatkan hasil 0,1215 mg/L untuk penyaringan pertama serta 0,0976 mg/L untuk penyaringan kedua. di mana nilai ini juga menunjukkan terdapat penurunan konsentrasi Terakhir terdapat ketebalan 15 cm dengan waktu kontak 5 menit setelah dilakukan penyaringan didapatkan hasil 0,1203 mg/L untuk penyaringan pertama serta 0,0378 mg/L untuk penyaringan kedua. Jika dilihat pada ketebalan 15 cm menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi pada penyaringan pertama, hal ini diakibatkan oleh faktor kurang teliti dalam membuat media filtrasi sehingga konsentrasi naik sedangkan untuk penyaringan kedua arang memiliki konsentrasi perbedaan cukup jauh dikarenakan media sebelumnya sudah digunakan menyaring terlebih dahulu sehingga memungkinkan terjadinya penurunan yang lebih besar. Dari data akhir yang didapatkan di mana pada ketebalan 15 cm pada penyaringan kedua nilai konsentrasi timbal (Pb) telah memenuhi standar baku mutu air nasional sesuai dengan PP Nomor 21 Tahun 2021 yaitu 0,03 mg/L.

4.3.2 Presentase Removal

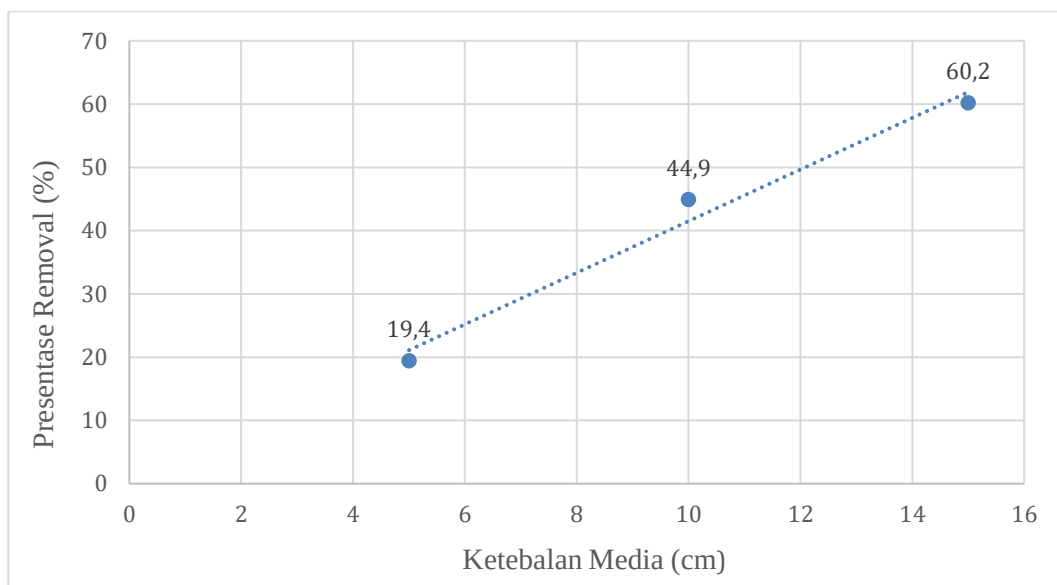
Selanjutnya setelah didapatkan nilai konsentrasi dari hasil pengujian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan presentase removalnya, di mana menggunakan perhitungan :

$$\text{Presentase Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Di mana : C (awal) = Konsentrasi awal

C (akhir) = Konsetrasi akhir

Sehingga dapat dilihat bahwa pada setiap variasi ketebalan karbon aktif yang digunakan mengalami kenaikan pada setiap variasi ketebalannya. Presentase removal dari penurunan Pb tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4.



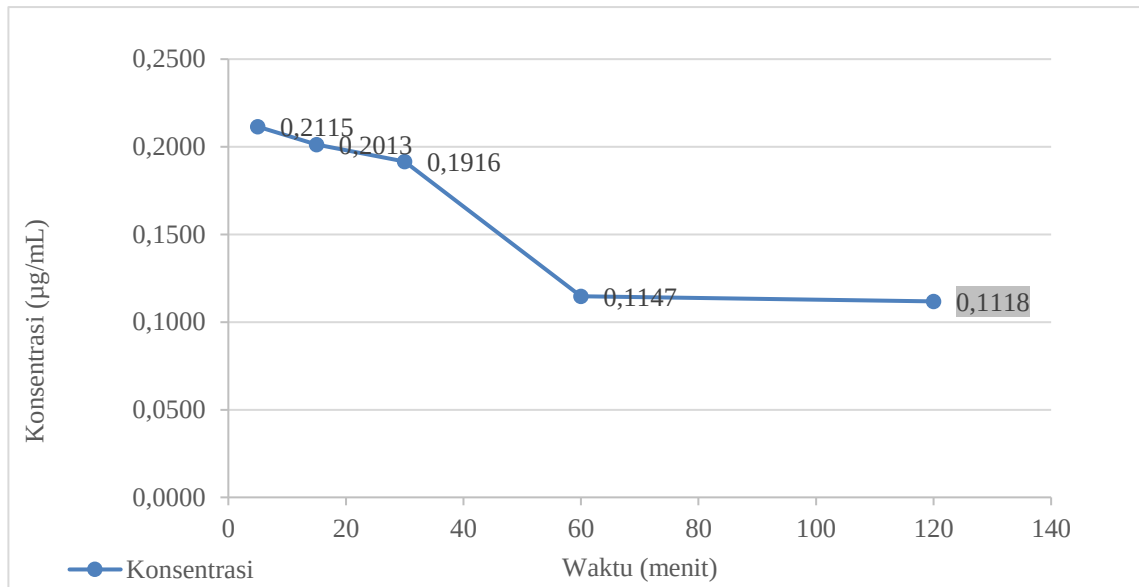
Gambar 4. 4 Presentase Removal penurunan Pb

Dari Gambar 4.4 diatas pada pengujian kali ini didapatkan hasil uji timbal (Pb) menggunakan beberapa variasi ketebalan menunjukkan bahwa presentase removal untuk ketebalan 5 cm didapatkan 19 %, lalu untuk ketebalan 10 cm mendapatkan presentase removal sebesar 44 % kemudian untuk ketebalan 15 cm didapatkan presentase removal sebesar 60 %.

4.3.3. Analisis Waktu Jenuh

Penentuan waktu jenuh karbon aktif ini bertujuan untuk mendapatkan waktu jenuh dari penggunaan karbon aktif dalam limbah laboratorium yang digunakan saat penelitian dilakukan di mana pada saat adsorben sudah mencapai kapasitas maksimum atau tidak dapat lagi mengikat molekul dari limbah yang akan diikat oleh adsorben dan konsentrasi Pb dalam larutan tidak lagi berkurang secara signifikan. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa variasi waktu

dalam pengolahan yaitu 5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit. Hasil uji waktu jenuh menggunakan arang aktif dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian waktu jenuh karbon aktif

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi logam Pb dalam sampel limbah laboratorium akan lebih besar jika dilakukan menggunakan waktu yang lebih lama dikarenakan pada dasarnya semakin lama waktu filtrasi digunakan maka jumlah logam yang akan tersaring dan teradsorpsi semakin banyak dalam penyerapan tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu jenuh pada pengujian ini yaitu pada waktu 120 menit, karena pada waktu tersebut adsorben sudah tidak mampu atau sudah mencapai kapasitasnya untuk melakukan penyerapan karena hasil dari konsentrasi yang didapatkan tidak adanya penurunan yang signifikan kembali.

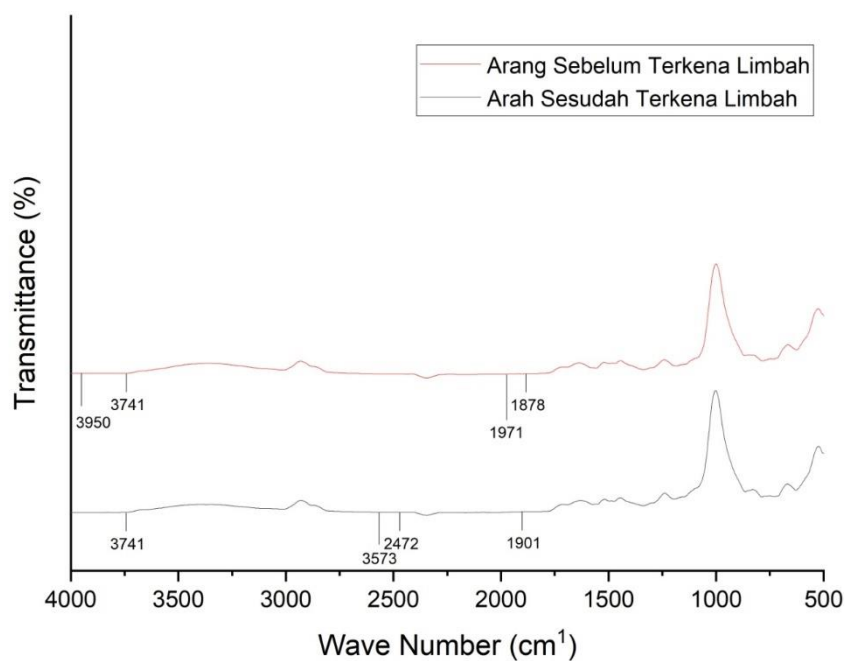
4.4. Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dari Bambu Apus (*Gigantochloa Apus*) dilakukan dengan menggunakan arang aktif sesudah aktivasi menggunakan HCl yang belum terkena limbah dan arang aktif yang sudah terkena limbah dan akan dilakukan

menggunakan dua teknik analisis, yaitu *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

4.4.1 *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi adsorben dari arang bambu menggunakan FTIR memiliki tujuan untuk mengukur frekuensi getaran ikatan dalam molekul dan digunakan untuk menentukan gugus fungsional. Hasil uji FTIR di analisa menggunakan grafik antara sumbu x dan sumbu y (transmitan %) dengan puncak spesifik pada panjang gelombang tertentu. Gelombang FTIR dibaca pada rentang pajang 500 – 4000 cm^{-1} . Jenis gugus fungsional dalam senyawa adsorben dapat ditunjukkan pada setiap puncak spesifik yang ada. Hasil grafik FTIR adsorben dari arang bambu sesudah terkena limbah dan sebelum terkena limbah laboratorium dapat dilihat pada Gambar 4.6.



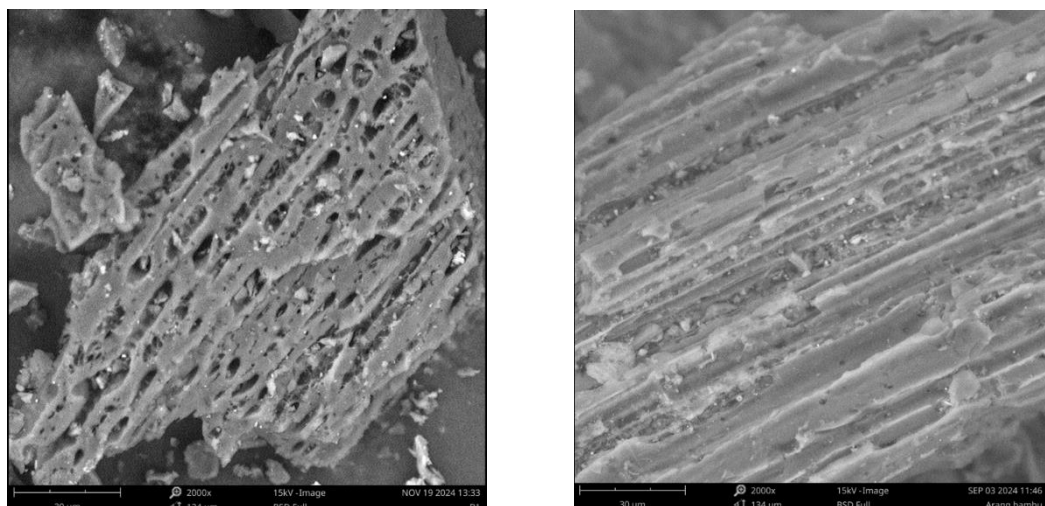
Gambar 4. 6 Hasil pengujian FTIR arang bambu

Pada Gambar 4.6 diperoleh informasi bahwa gugus fungsi yang terkandung pada adsorben arang bambu adalah sebagai berikut : Pada pita serapan 1901, 1878,

dan 1971 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-H. Kemudian pada pita serapan 3950, 3741, 2472, 3573 menunjukkan adanya gugus fungsi O-H. Gugus fungsi yang bisa digunakan untuk mengikat ion Pb pada adsorben arang bambu yaitu gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan hidroksil ($-\text{OH}$) pada pita serapan 3950 dan 3741 cm^{-1} , karena memiliki kemampuan yang dapat berikatan melalui ikatan elektrosatik atau ikatan hidrogen.

4.2.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Karbon aktif arang bambu akan dilakukan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang bertujuan untuk melihat perubahan bentuk pori-pori adsorben dari bambu apus sebelum dan sesudah terkena limbah. Analisis SEM dilakukan dengan perbesaran yang sama yaitu 2000x. Hasil dari pengujian SEM dari arang bambu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



(A)

(B)

Gambar 4. 7 (A) Arang sebelum terkena limbah dan (B) Arang sesudah terkena limbah

Dapat dilihat pada Gambar 4.7 Terdapat perubahan bentuk pori pada permukaan arang dari bambu apus. Pori permukaan adsorben sebelum terkena limbah lebih terbuka dan lebih bersih karena belum terkena limbah sesudah aktivasi. Sedangkan jika dibandingkan dengan yang setelah terkena limbah pori

adsorben lebih tertutup dikarenakan karena sebagian pori tertutup oleh residu atau endapan dari limbah sampel. Oleh sebab itu, maksud dari adsorben sebelum dan sesudah terkena limbah dapat dikatakan berhasil karena arang aktif dari bambu dapat menyerap atau menangkap kotoran atau residu yang ada dalam limbah laboratorium.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

1.1 Simpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Efektivitas kemampuan karbon aktif dalam menurunkan kadar Pb menggunakan variasi media yang paling efektif berada pada ketebalan 15 cm yaitu mendapatkan hasil konsentrasi 0,0378 µg/mL sehingga sudah didapatkan hasil di bawah baku mutu untuk parameter Pb.
2. Arang bambu sudah tidak dapat menyaring dan menurunkan konsentrasi ion logam Pb pada waktu ke 120 menit atau 2 jam selama filtrasi dan adsorpsi dilakukan.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Disarankan dalam penelitian selanjutnya melakukan aktivasi menggunakan aktivator lain agar proses penurunan konsentrasi lebih maksimal.
2. Melakukan penambahan variasi waktu kontak lebih lama serta ketebalan lebih agar dapat melihat perbandingan nilai konsentrasi yang signifikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, N., Agustina, T.E., & Hadiah. F. (2022). Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 1-11
- Arsad, E., Riset, B., Standardisasi, D., & Banjarbaru, I. (2015). *The Technology Process and Used of Bamboo*.
- Fajri, A., Arista, D., Sari, M. 2018. Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana. *Journal of Sainstek* 10 (1) : 20-23
- Gu, Y.G., Ning, J.J., Ke, C.L. & Huang, H.H. 2018. Bioaccessibility and human health implications of heavy metals in different trophic level marine organism: A case study of South China Sea. *Exotoxicology and Environmental Safety*, 16: 551-557. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.07.114
- Gusnita D (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*, 13(3): 95-101.
- Hutapea, E. M., Iwantono, I., Farma, R., Saktioto, S., & Awitdrus, A. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dengan Aktivasi KOH Berbantuan Gelombang Mikro. *Indonesian Physics Communication*, 14(2), 1061-1066.
- Manurung, M., Sahara, E., & Sihombing, P. S. (2019). Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) Dengan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Kimia*, 13(1), 16-21.

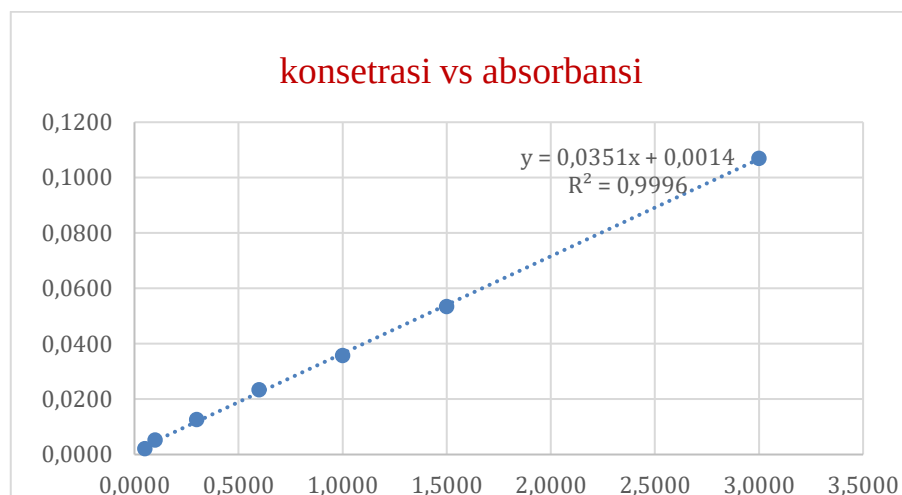
- Maulinda, L., Nasrul, Z. A., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11-19.
- Nurhayati, I., Sugito, S., & Pertiwi, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(2), 125–138. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss2.art5>
- Nurlani M. Pengelolaan Lingkungan Hidup Akibat Limbah Industri Ditinjau Dari Sektor Hukum, Ekonomi, Sosial dan Budaya di Indonesia. *J Thengkyang*. 2019;2(1):64-84.
- Purwaningsih, D. (2009). Adsorpsi multi logam Ag (I), Pb (II), Cr (III), Cu (II) dan Ni (II) pada hibrida etilendiamino-silika dari abu sekam padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 14(1), 59-76.
- Raharjo, P., Raharjo, M., & Setiani, O. (2018). Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal Dalam Darah : (Studi Pada Masyarakat yang Mengkonsumsi Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang). 17(1), 9–15.
- Saputri, L. (2024). Analisis Kadar Timbal (Pb) Terlarut Pada Air Sungai Batanghari Kota Jambi Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(2).
- Sembiring, M.T dan Sinaga, T.S (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), Skripsi: Sumatera Utara: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1).

Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Babu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Kurva kalibrasi



Hasil (r)	Syarat
0,9996	R > 0,995

Lampiran 1. 2 Preparasi pengujian sampel



(A) Destruksi Sampel



(B) Pengujian AAS

Lampiran 1. 3 Preparasi pembuatan karbon aktif



(A) Serbuk bambu di oven



(B) Arang di timbang