

**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF DARI LIMBAH AGROINDUSTRI
UNTUK ADSORPSI LOGAM TIMBAL
(TELAAH STUDI LITERATUR)**

SKRIPSI

Oleh

RATNA FADILAH RAHMAWATI

145100300111028



JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Agroindustri
untuk Adsorpsi Logam Timbal (Telaah Studi
Literatur)

Nama Mahasiswa : Ratna Fadilah Rahmawati

NIM : 145100300111028

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Dr. Ir. Nur Hidayat, MP.

NIP. 19610223 198701 1 001

Pembimbing Kedua,

Sri Suhartini, STP. M.Env. Mgt. PhD.

NIP. 19810526 200312 2 001

Tanggal Persetujuan :



LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Agroindustri
untuk Adsorpsi Logam Timbal (Telaah Studi
Literatur)

Nama Mahasiswa : Ratna Fadilah Rahmawati

NIM : 145100300111028

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Penguji I,

Suprayogi

Suprayogi, STP, MP, PhD.

NIP. 19760825 200312 1 002

Pembimbing Pertama,

[Signature]

Dr.Ir. Nur Hidayat, MP.

NIP. 19610223 198701 1 001

Pembimbing Kedua,

[Signature]

Sri Suhartini, STP, M.Env. Mgt. PhD.

NIP. 19810526 200312 2 001

Ketua Jurusan



[Signature]

Dr. Siti Asmaul Mustaniroh, STP, MP.

NIP. 19740608 199903 2 001

Tanggal Persetujuan :



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Ratna Fadilah Rahmawati

NIM : 145100300111028

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Agroindustri untuk Adsorpsi Logam Timbal (Telaah Studi Literatur)

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku

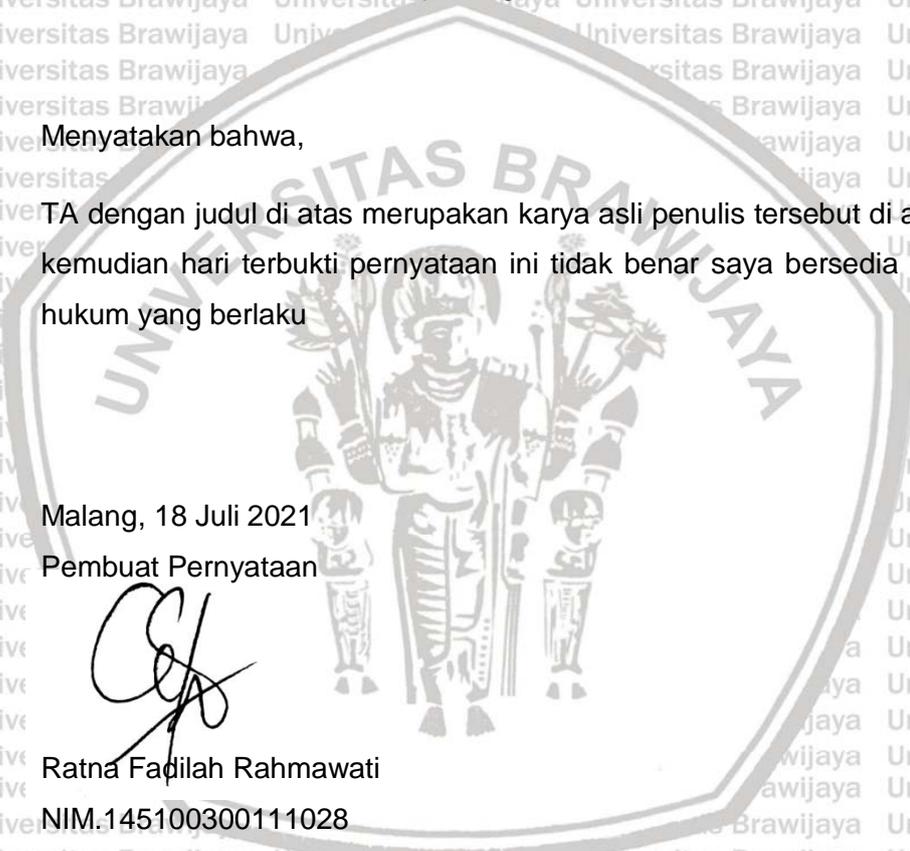
Malang, 18 Juli 2021

Pembuat Pernyataan



Ratna Fadilah Rahmawati

NIM.145100300111028



Ratna Fadilah Rahmawati. 145100300111028. Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Agroindustri untuk Adsorpsi Logam Timbal (Telaah Studi Literatur).

TA. Pembimbing : Dr. Ir. Nur Hidayat, MP., Sri Suhartini, STP, M.Env. Mgt. PhD.

RINGKASAN

Salah satu logam yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan adalah timbal (Pb). Limbah industri yang mengandung logam berat timbal yaitu baterai, bahan bakar, kabel, cat, keramik, serta bahan kimia yang mengandung pewarna. Banyak metode yang dilakukan untuk mengatasi logam timbal (Pb) salah satunya adsorpsi menggunakan karbon aktif dari limbah agroindustri. Kajian literatur *review* ini akan mengevaluasi efektivitas karbon aktif yang dihasilkan dari berbagai macam limbah agroindustri mulai dari proses pembuatan karbon aktif hingga penggunaannya untuk adsorpsi logam timbal. Penelitian ini adalah penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Reviews* (SLR), yakni sebuah sintesis dari studi literatur yang bersifat sistematis, jelas, menyeluruh, dengan mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi melalui pengumpulan data-data yang sudah ada dengan metode pencarian yang eksplisit dan melibatkan proses telaah kritis dalam pemilihan studi. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan efektivitas karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal (telaah studi literatur), maka diperoleh kesimpulan terdapat 22 literatur yang membahas tentang karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal yang terdiri dari 16 jurnal berbahasa Indonesia dan 6 jurnal berbahasa Inggris. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah agroindustri yaitu, ampas tebu, biji asam Jawa, cangkang kelapa sawit, cangkang buah karet, cangkang hazelnut, cangkang telur, cangkang walnut Cina, kulit biji lotus, kulit manggis, kulit pisang, kulit singkong, tempurung kelapa dan tongkol jagung. Pengaplikasian terbanyak yaitu menggunakan limbah tempurung kelapa. Tempurung kelapa juga memiliki presentase adsorpsi tertinggi jika dilihat dari nilai persentasenya yaitu 100%.

Kata Kunci : Efektivitas; Karbon aktif; Logam Timbal (Pb)

Ratna Fadilah Rahmawati. 145100300111028. *Effectiveness of Activated Carbon from Agroindustrial Waste for Lead Adsorption (Review of Literature Study)*. TA. Supervisors : Dr. Ir. Nur Hidayat, MP., Sri Suhartini, STP, M.Env. Mgt. PhD.

SUMMARY

One of the metals that is very dangerous for the environment and health is lead (Pb). Industrial wastes containing lead heavy metal are batteries, fuel, cables, paints, ceramics, and chemicals containing dyes. Many methods have been used to overcome lead (Pb), one of which is adsorption using activated carbon from agro-industrial waste. This literature review will evaluate the effectiveness of activated carbon produced from various kinds of agro-industrial waste, from the process of making activated carbon to its use for lead adsorption. This research is a research using the Systematic Literature Reviews (SLR) method, which is a synthesis of a systematic, clear, comprehensive literature study, by identifying, analyzing, evaluating through the collection of existing data with an explicit search method and involving a review process. critical in study selection. Based on the results of research and discussion of the effectiveness of activated carbon from agro-industrial waste for lead metal adsorption (literature study), it was concluded that there were 22 literatures discussing activated carbon from agro-industrial waste for lead metal adsorption consisting of 16 Indonesian-language journals and 6 Indonesian-language journals. English. Activated carbon can be made from agro-industrial waste, namely, bagasse, tamarind seeds, palm oil shells, rubber fruit shells, hazelnut shells, egg shells, Chinese walnut shells, lotus seed shells, mangosteen peel, banana peels, cassava peels, coconut shells and corncob. The most application is using coconut shell waste. Coconut shell also has the highest adsorption percentage when viewed from the percentage value, which is 100%.

Keyword : *Effectiveness; Activated Carbon; Lead (Pb)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Agroindustri untuk Adsorpsi Logam Timbal (Telaah Studi Literatur)” dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Nur Hidayat, MP. dan Sri Suhartini, STP. M.Env. Mgt. PhD. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu pengetahuan selama penulisan laporan ini
2. Suprayogi, STP. MP. PhD. selaku Dosen Penguji yang telah memberi saran dan masukan yang membangun kepada penulis
3. Dr. Siti Asmaul Mustanirroh, STP. MP. selaku Ketua Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
4. Kedua orang tua yang telah memberikan doa, restu, kasih sayang, dan pengorbanan serta dukungan demi terselesaikannya laporan ini
5. Teman-teman yang turut serta membantu demi terselesaikannya laporan ini

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 18 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Timbal (Pb).....	3
2.2 Adsorpsi.....	6
2.3 Karbon Aktif.....	8
2.3.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	9
2.3.1.1 Karbonisasi.....	10
2.3.1.2 Aktivasi.....	12
2.3.2 Kegunaan Karbon Aktif.....	13
2.3.3. Struktur Karbon Aktif.....	15
2.3.4 Daya Serap.....	17
BAB III METODE.....	18
3.1 Waktu.....	18
3.2 Metode.....	18
3.2.1 Menetapkan Kata Kunci Dan Lokasi Database.....	19
3.2.2 Kriteria Literatur.....	20
3.2.3 Pencarian, Seleksi, Pemilihan Hasil, dan Penilaian Kualitas.....	20
3.2.4 Hasil dan Pembahasan.....	21
3.2.5 Kesimpulan dan saran.....	22



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 <i>Synthesize Literature</i> (Sintesis Literatur)	24
4.2 Analisis Adsorpsi	32
BAB V KESIMPULAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Rekomendasi	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Kualitas Karbon Aktif menurut SNI 06-3730..... 16

Tabel 3.1 Proses Penelitian *Systematic Review*..... 18

Tabel 3.2 Kriteria Inklusi Eksklusi..... 20

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur 24

Tabel 4.2 Bahan Baku Karbon Aktif..... 31

Tabel 4.3 Hasil Analisis Adsorpsi..... 33

Tabel 4.4 Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa..... 34

Tabel 4.5 Analisis Efektivitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa..... 34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir PRISMA..... 21
Gambar 4.1 Bagan PRISMA Hasil Seleksi..... 23



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan pembangunan pada sektor industri sangat dibutuhkan untuk kemajuan perekonomian Indonesia. Pembangunan sektor industri memberikan dampak positif dan negatif. Dampak negatif ini berasal dari limbah industri yang menyebabkan lingkungan air tercemar (Yudo, 2006). Salah satunya yaitu adanya pencemaran logam berat yang terdapat di lingkungan akan sangat membahayakan bagi makhluk hidup. Logam berat bersifat sukar terurai, sehingga sangat mudah terkumpul dalam lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu logam berat *esensial* (dalam jumlah tertentu diperlukan oleh makhluk hidup seperti logam Besi (Fe), tembaga (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn) dan lainnya, logam berat *non esensial* (yang sifatnya sangat beracun seperti logam Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan lainnya (Irharni, dkk, 2017).

Salah satu logam yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan adalah timbal (Pb). Limbah industri yang mengandung logam berat timbal yaitu baterai, bahan bakar, kabel, cat, keramik, serta bahan kimia yang mengandung pewarna (Viobeth, dkk., 2013). Timbal berdampak buruk bagi organisme air dan manusia. Jika masuk pada organisme air dapat menyebabkan kematian bagi biota. Jika pada manusia menyebabkan gangguan terhadap berbagai sistem organ seperti, darah, sistem saraf, ginjal, sistem reproduksi, dan saluran cerna, sehingga perlu adanya penanganan untuk mengatasi logam timbal tersebut (Suksmeri, 2008)

Banyak metode yang dilakukan untuk mengatasi logam timbal (Pb) antara lain presipitasi, elektrokimia, evaporasi, pertukaran ion, dan adsorpsi (Rengga, 2019). Adsorpsi merupakan metode yang cukup efektif dalam mengurangi pencemaran logam berat dari air limbah. Metode adsorpsi bersifat reversibel sehingga pengoperasiannya lebih ekonomis (O'Connell *et al.*, 2008). Adsorpsi adalah proses terikatnya suatu zat sebagai fase gas atau cair dalam larutan pada permukaan padatan. Zat yang terikat disebut adsorbat, sedangkan padatan yang menahan atau mengikat disebut dengan adsorben (Rengga, 2019). Banyak material yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben seperti lempung, zeolit, kitosan, magnetit, karbon aktif, dan sebagainya (Barquist *et al.*, 2010). Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan dari macam-macam

adsorben lainnya karena mudah diperoleh, dan proses pembuatannya murah (Rengga, 2019).

Karbon aktif adalah material berbentuk amorf yang memiliki luas permukaan antara 300-3500 m²/g dan struktur permukaannya.

Adsorpsi pada karbon aktif lebih unggul dibandingkan dengan metode kimia dan fisika lainnya dalam hal kemampuannya untuk menyerap berbagai polutan secara efisien, kinetika adsorpsi cepat dan kesederhanaan desainnya (Purwoto & Nugroho, 2013). Menurut Suhendra dan Gunawan (2010), karbon aktif mengandung 85-95% karbon yang mempunyai daya serap yang tinggi terhadap molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas.

Karbon aktif dibuat dari bahan yang mengandung karbon misalnya dari limbah agroindustri seperti, limbah dari tandan kosong kelapa sawit dan kulit kentang (Ramirez dkk, 2017). Kajian literatur *review* ini akan mengevaluasi efektivitas karbon aktif yang dihasilkan dari berbagai macam limbah agroindustri mulai dari proses pembuatan karbon aktif hingga penggunaannya untuk adsorpsi logam timbal.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah karbon aktif dari limbah agroindustri efektif untuk adsorpsi logam timbal?

1.3 Tujuan

Mengevaluasi efektivitas karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal berdasarkan berbagai sumber

1.4 Manfaat

Memberikan alternatif penanganan logam timbal menggunakan karbon aktif dari limbah agroindustri dari berbagai sumber literatur

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis dari logam berat yang sering disebut dengan timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2. Dalam kehidupan sehari-hari, timbal digunakan sebagai elektroda pada alat elektrolisis, agen pendingin pada fase cair, industri PVC, agen pewarna dalam pembuatan keramik terutama pada warna merah dan kuning, dan lainnya (Kurniawan, 2015). Timbal (Pb) merupakan unsur yang bersifat logam, hal ini merupakan anomali karena unsur-unsur di atasnya (Gol IV) yaitu Karbon dan Silika memiliki sifat non-logam. Timbal di alam ditemukan dalam mineral Galena (PbS), Anglesit ($PbSO_4$) dan Kerusit ($PbCO_3$), juga dalam keadaan bebas. Timbal secara alami terdapat didalam kerak bumi (Santi, 2013). Logam ini biasanya ditemukan didalam batu-batuan, tanah, tumbuhan, dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan biasanya berbentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut oleh air dan sisanya berbentuk organik (tidak larut oleh air). Timbal organik mempunyai bentuk senyawa tertra *ethyl lead* (TEL) dan tetra *methyl lead* (TML), namun timbal organik dapat larut dalam pelarut organik misalnya lipid. Keberadaan timbal dipengaruhi beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan (Tangio, 2013). Timbal memiliki beberapa sifat khusus, yaitu:

1. Berwarna putih kebiru-biruan dan mengkilap
2. Lunak, sehingga mudah ditempa
3. Tahan asam dan karat, serta bereaksi dengan basa kuat
4. Daya hantar listrik yang kurang baik (konduktor yang buruk)
5. Massa atom relatif 207,2
6. Memiliki valensi 2 dan 4
7. Tahan terhadap radiasi

Selain beberapa sifat khusus di atas, timbal juga memiliki sifat kimia dan fisika sebagai berikut (Tangio, 2013):

Sifat Fisika:

1. Fase pada suhu kamar : padat
2. Densitas : 11,34 g/cm³

3. Titik didih : 1749 °C
4. Titik leleh : 327,5 °C
5. Kalor peleburan : 4,77 kJ/mol
6. Kalor penguapan : 179,5 kJ/mol
7. Kalor jenis : 26,650 J/(mol K)

Sifat Kimia:

1. Bilangan oksidasi : +2, +4
2. Elektronegativitas : skala pauli: 1,87 (+2) dan 2,33 (+4)
3. Energi ionisasi : 715,6 kJ/mol
4. Timbal larut dalam beberapa asam
5. Bereaksi secara cepat dengan halogen
6. Bereaksi cepat dengan alkali panas tetapi bereaksi lambat dengan alkali panas

Kelebihan dari timbal yang membuat logam ini sangat berguna adalah sebagai berikut (Tangio, 2013):

1. Timbal memiliki titik leleh yang rendah sehingga proses pengolahan timbal dalam bentuk cair cukup sederhana dan cenderung tidak membutuhkan biaya tinggi
2. Timbal memiliki sifat mudah dibentuk menjadi berbagai bentuk karena sifatnya yang lunak
3. Ketika bahan timbal terpapar oleh udara yang lembab, akan menjadi reaksi kimia yang akan membentuk lapisan pelindung
4. Timbal dapat dicampurkan dengan berbagai jenis bahan logam untuk membentuk logam campuran. Logam campuran tersebut akan memiliki sifat yang berbeda dengan timbal murni.
5. Massa jenis timbal umumnya lebih besar daripada logam lain, kecuali emas dan air raksa.

Berdasarkan banyak kelebihan timbal yang disebutkan diatas, berikut adalah bidang-bidang yang menggunakan timbal sebagai bahan dalam pembuatannya yaitu industri aki dan baterai, industri paduan logam, industri pembuatan pipa, permeyakan (dimana timbal digunakan untuk menaikkan angka oktan), bahan amunisi, industri cat dan industri kabel (Tangio, 2013). Berdasarkan baku mutu cemaran logam berat dalam makanan menurut BSN (SNI 7387 : 2009), untuk cemaran logam timbal dalam ikan dan olahannya yaitu sebesar (<0,3 mg/kg). Kandungan maksimum logam berat Timbal (Pb) yang diperkenankan pada

bivalvia (kerang-kerangan) menurut SNI 7387:2009 sebesar 1,5 mg/kg. Adapun kandungan logam berat Timbal (Pb) dalam air laut/sungai menurut standar baku mutu air laut menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2004 yaitu berkisar (<0,008 mg/l). Menurut Reseau National d'Observation (RNO) Tahun 1981 dalam Razak (2006), kadar normal Pb dalam sedimen/ tanah berkisar antara 10 mg/kg - 70 mg/kg dan sedangkan menurut SNI 06- 6992.3-2004 sebesar (<0,07 µg/g). Pengukuran kadar Pb pada udara ambien belum melewati baku mutu yang tertera pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara (< 2 µg/Nm³).

Menurut Adhani dan Husaini (2017), berdasarkan sifat toksiknya Pb memberikan efek klinis seperti:

1. Pada saluran pencernaan terjadi kolik usus disertai konstipasi berat pada sistem hematopoitik menghambat aktivitas enzim aminolevulenat dehidratase dalam eritroblas sumsum tulang dan eritrosit, sehingga memperpendek umur sel darah merah
2. Efek pada sistem syaraf (organ yang paling sensitif), keracunan Pb dapat mengakibatkan epilepsi, halusinasi, delirium, dan kerusakan otak besar
3. Terjadinya kerusakan ginjal oleh adanya gagal ginjal
4. Terjadi penurunan kemampuan reproduksi
5. Ditemukan ketidaknormalan fungsi jantung pada anak-anak
6. Pada sistem endokrin mengakibatkan kekurangan iodium.

Toksisitas timbal atau disebut keracunan timbal dapat bersifat akut ataupun kronis. Dampak akut timbal dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, sakit kepala, hipertensi, nyeri perut, gangguan fungsi ginjal, kelelahan, sulit tidur, arthritis, halusinasi dan vertigo. Dampak kronis timbal dapat menyebabkan keterbelakangan mental, cacat lahir, psikosis, autisme, alergi, disleksia, penurunan berat badan, hiperaktif, kelumpuhan, kelemahan otot, kerusakan otak, kerusakan ginjal dan berkurangnya kapasitas kognitif, terutama pada anak-anak. Paparan timbal dapat mengakibatkan nefropati, serta gangguan darah seperti tekanan darah tinggi dan anemia. dan bahkan dapat menyebabkan kematian (Adhani dan Husaini, 2017). Kadar toksisitas timbal dipengaruhi oleh pH, kandungan mineral tertentu pada air (kesadahan), alkalinitas, dan konsentrasi oksigen. Menurut Effendi (2003) toksisitas timbal pada organisme air dapat berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut.

Timbal juga menunjukkan toksisitas pada reproduksi dan dapat mengakibatkan

keguguran dan berkurangnya produksi sperma (Fauzi, 2008). Timbal berdampak buruk bagi organisme air dan manusia sehingga perlu adanya penanganan terhadap logam timbal. Salah satu penanganan yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan metode adsorpsi.

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain.

Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Kecuali zat padat, adsorben dapat pula zat cair.

Karena itu adsorpsi dapat terjadi antara zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair atau gas dan zat cair (Iriani & Heryadi, 2014). Substansi yang terkonsentrasi pada permukaan didefinisikan sebagai adsorbat dan material dimana adsorbat terakumulasi didefinisikan sebagai adsorben. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Jika pada absorpsi zat yang diserap masuk kedalam adsorben sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya terdapat pada permukaannya (Soedarsono dan Syahputra, 2005). Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu (Syauqiah dkk, 2011):

- a. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar ke permukaan antara adsorben yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben.
- b. Molekul-molekul adsorben berpindah dari permukaan antara adsorben ke permukaan luar.
- c. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari permukaan luar adsorben, dimana molekul tersebut menyebar menuju pori-pori adsorben.
- d. Molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Metode adsorpsi umumnya didasarkan pada interaksi antara analit dengan permukaan zat padat (adsorben), yaitu melalui pembentukan kompleks atau pertukaran ion (Sutardi, 2005). Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut (Syauqiah dkk, 2011):

1. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin

kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat Serapan

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

3. Temperatur

Pemakaian arang aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna atau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

4. PH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik) adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Singgung

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Seisn ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk

bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama

Metode adsorpsi merupakan metode alternatif yang potensial karena prosesnya yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dapat didaur ulang dan biaya yang dibutuhkan relative murah (Nakamura *et al.*, 2017).

Banyak material yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben seperti lempung, zeolit, kitosan, magnetit, dan karbon aktif sebagainya (Barquist *et al.*, 2010).

Adsorpsi pada karbon aktif lebih unggul dibandingkan dengan metode kimia dan fisika lainnya untuk pengolahan air limbah dalam hal kemampuannya untuk menyerap berbagai polutan secara efisien, kinetika adsorpsi cepat dan kesederhanaan desainnya (Purwoto & Nugroho, 2013).

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material yang dibuat dari bahan-bahan yang mengandung karbon dan memiliki banyak pori-pori yang sangat kecil sehingga memiliki kemampuan adsorpsi yang baik. Karbon aktif memiliki luas permukaan dan pori yang terbuka sehingga memiliki daya serap yang baik. Bahan yang dapat dijadikan karbon aktif adalah bahan yang mengandung karbon seperti kayu mangrove (77,39%), tempurung kelapa (72,93), *Acacia mangium*(66,28%) dan pinus (57,89%) (Haji *et. al.*, 2013). Beberapa limbah hasil pertanian seperti jerami padi, jerami gandum, kulit kacang, bambu dan serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif (Siregar dkk, 2015). Karbon aktif dari bahan limbah agroindustri seperti, limbah dari tandan kosong kelapa sawit dan kulit kentang (Ramirez dkk, 2017).

Karbon aktif adalah material berbentuk amorf yang memiliki luas permukaan antara 300-3500 m²/g dan struktur permukaannya. Adsorpsi pada karbon aktif lebih unggul dibandingkan dengan metode kimia dan fisika lainnya dalam hal kemampuannya untuk menyerap berbagai polutan secara efisien, kinetika adsorpsi cepat dan kesederhanaan desainnya (Purwoto & Nugroho, 2013). Menurut Suhendra dan Gunawan (2010), karbon aktif mengandung 85-95% karbon yang mempunyai daya serap yang tinggi terhadap molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas.

Arang aktif tidak hanya mengandung atom karbon saja, tetapi juga mengandung sejumlah kecil oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus-gugus fungsi yang bervariasi, misalnya gugus karbonil (CO), karboksil

(COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus eter. Oksigen pada permukaan arang aktif, kadang-kadang berasal dari bahan baku atau dapat juga terjadi pada proses aktivasi dengan uap (H_2O) atau udara. Keadaan ini biasanya dapat menyebabkan arang bersifat asam atau basa. Pada umumnya bahan baku arang aktif mengandung komponen mineral. Komponen ini menjadi lebih pekat selama proses aktivasi arang. Di samping itu, bahan-bahan kimia yang digunakan pada proses aktivasi sering kali menyebabkan perubahan sifat kimia arang yang dihasilkan (Hassler, 1974). Berdasarkan sifat fisika, arang aktif mempunyai beberapa karakteristik, antara lain berupa padatan yang berwarna hitam, tidak beres, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa ataupun pelarut-pelarut organik (Jamilatun & Martono, 2014). Di samping itu, arang aktif juga tidak rusak akibat pengaruh suhu maupun penambahan pH selama proses aktivasi.

2.3.1 Proses pembuatan Karbon Aktif

Proses yang melibatkan oksidasi selektif dari bahan baku dengan udara, juga digunakan baik untuk pembuatan arang aktif sebagai pemucat maupun sebagai penyerap uap. Bahan baku dikarbonisasi pada temperatur $400-500^{\circ}C$ untuk mengeliminasi zat-zat yang mudah menguap. Kemudian dioksidasi dengan gas pada $800-1000^{\circ}C$ untuk mengembangkan pori dan luas permukaan. (Ami Cobb, 2012). Proses pembuatan karbon aktif secara umum dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah proses karbonisasi bahan baku dalam kiln drum untuk menghasilkan arang. Tahap kedua adalah proses aktivasi arang menggunakan *retort* dan *steam boiler* untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga meningkatkan porositas arang. Pada kedua proses tersebut terjadi tahap-tahap sebagai berikut (Haji *et. al*, 2013):

- a. Dehidrasi yaitu proses penghilangan air, bahan baku dipanaskan sampai temperatur $170^{\circ}C$.
- b. Karbonisasi yaitu proses penguraian selulosa organik menjadi unsur karbon, serta mengeluarkan senyawa-senyawa non karbon
- c. Aktivasi yaitu proses pembentukan dan penyusunan karbon sehingga pori-pori menjadi lebih besar.

Menurut Ami Cobb (2012), adapun proses pembuatan arang aktif ada dua cara, yaitu:

1 Proses Kimia

Bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat pada. Selanjutnya pada tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperature 100°C. Arang aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 300°C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia. Pada aktivasi kimia ini arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktivasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktivasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900° C selama 1- 2 jam.

2 Proses Fisika

Bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Selanjutnya arang tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur 1000°C yang disertai pengaliran uap. Pada aktivasi fisika ini yaitu proses menggunakan gas aktivasi misalnya uap air atau CO₂ yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi, menurut Ami Cobb (2012), proses ini biasanya berlangsung pada temperatur 800 – 1100° C.

2.3.1.1 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu (400°C-900 °C) dari bahan bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam *furnace*. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol, uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Cheresmisinoff, 1993). Menurut Danarto dan Samun (2008), proses pengarangan atau karbonisasi terbagi menjadi empat tahap yaitu:

1. Tahap penguapan air terjadi pada suhu 100 -105°C
2. Tahap penguraian hemiselulosa dan selulosa pada suhu 200 -240°C menjadi larutan piroglinat
3. Tahap proses depolimerasi dan pemutusan ikatan C-O dan C -C pada suhu 240 -400°C. Selain itu lignin mulai terurai menghasilkan ter

4. Tahap pembentukan lapisan aromatik terjadi pada suhu lebih dari 400°C dan lignin masih terus terurai sampai suhu 500°C, sedangkan pada suhu lebih dari 600°C terjadi proses pembesaran luas permukaan arang. Selanjutnya arang dapat dimurnikan atau dijadikan arang aktif pada suhu 500 -1000°C

Proses karbonisasi adalah pemanasan suatu material biomassa pada temperatur relatif tinggi dengan jumlah oksigen dibatasi untuk menghasilkan arang/karbon. Proses karbonisasi menyebabkan dekomposisi thermal dari arang sejalan destilasi. Berdasarkan kisaran suhu, proses ini dibagi 3, yaitu karbonisasi suhu rendah, antara 34-750°C. Karbonisasi suhu menengah, antara 750-950°C. Karbonisasi suhu tinggi, antara 950-1175°C (Hartanto & Ratnawati, 2010). Karbonisasi biasanya digunakan oleh bahan organik seperti kayu dengan waktu 10 jam, dengan suhu 205-450°C, tempurung kelapa suhu 320°C, sekam padi 500°C dengan waktu 10 jam, ampas tebu dengan suhu 320°C. Karbonisasi pada bahan-bahan organik bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang ada didalam pori-pori dari ampas tebu supaya tidak mengganggu pada proses selanjutnya, pada suhu 300- 440°C, arang akan kaku, mendekati suhu sekitar 500°C, arang akan terurai membentuk uap dan produk gas, memisahkan diri dari residu padat berpori dan karbon, bila dinaikkan hingga 1000°C akan terjadi dekomposisi/penguraian menjadi abu (Matsuzawa *et al.*, 2007).

Darmaji (2002), menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar. Produk dari hasil proses karbonisasi memiliki daya adsorpsi yang kecil. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi suhunya rendah, sebagian dari tar yang dihasilkan berada dalam pori dan permukaan sehingga mengakibatkan adsorpsi terhalang. Produk hasil karbonisasi dapat diaktifkan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dalam suatu aliran gas inert, atau melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai misalnya selenium oksida, atau melalui sebuah reaksi kimia. Karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, dapat dihasilkan oleh proses aktivasi bahan baku yang telah dikarbonisasi dengan suhu tinggi.

2.3.1.2 Aktivasi

Arang yang dihasilkan melalui proses karbonisasi bahan baku, sebagian besar pori-porinya masih tertutup oleh hidrokarbon dan komponen lain, seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur, sehingga keaktifannya atau daya serapnya rendah.

Untuk meningkatkan daya serap arang, maka bahan tersebut dapat diubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi. Pada prinsipnya arang aktif dapat dibuat dengan dua cara, yaitu cara kimia dan cara fisika. Mutu arang aktif yang dihasilkan sangat tergantung dari bahan baku yang digunakan, bahan pengaktif, suhu dan cara pengaktifannya (Pambayun dkk, 2013). Aktivasi adalah proses penambahan zat kimia setelah pengarangan. Untuk mendapatkan arang aktif yang baik, maka dapat dilakukan beberapa metode, yang pertama aktivasi langsung yaitu pengarangan dan aktivasi dapat dilakukan bersama-sama didalam tangki pengarangan, yaitu setelah bahan dicampur terlebih dahulu dengan aktifatorb. Aktivasi tak langsung yaitu bahan dikarbonisasi terlebih dahulu kemudian arang yang diperoleh diaktifkan dengan penambahan aktifator. Karbonisasi dilakukan supaya zat-zat yang mudah menguap yang berada dalam ampas tebu menguap habis (Purwanto, 2011).

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul- molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Ajayi dan Olawale, 2009).

a. Aktivasi cara kimia

Aktivasi cara kimia pada prinsipnya adalah perendaman arang dengan senyawa kimia sebelum dipanaskan. Pada proses pengaktifan secara kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600- 900 °C selama 1- 2 jam. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang dapat digunakan yaitu H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, $KMnO_4$, SO_3 , H_2SO_4 dan K_2S (Kienle, 1986). Pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif sering mengakibatkan pengotoran pada arang aktif yang dihasilkan. Umumnya aktivator meninggalkan

sisa-sisa berupa oksida yang tidak larut dalam air pada waktu pencucian. Oleh karena itu, dalam beberapa proses sering dilakukan pelarutan dengan HCl untuk mengikat kembali sisa-sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan arang aktif dan kandungan abu yang terdapat dalam arang aktif.

b. Aktivasi cara fisika

Aktivasi arang secara fisika menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidasi lainnya. Oleh karena itu, pada proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon penyusun arang, akan tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori arang. Prinsip aktivasi ini dimulai dengan mengaliri gas-gas ringan, seperti uap air, CO₂, atau udara ke dalam retort yang berisi arang dan dipanaskan pada suhu 800-1000 °C. Pada suhu di bawah 800 °C, proses aktivasi dengan uap air atau gas CO₂ berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu di atas 1000 °C, akan menyebabkan kerusakan struktur kisi-kisi heksagonal arang (Manocha, 2003). Produk karbon aktif yang diperoleh pada umumnya kurang dari 50% dari bahan bakunya, bahkan kadang-kadang kurang dari 10% (Pambayun dkk, 2013).

2.3.2 Kegunaan Karbon Aktif

Arang aktif dapat digunakan dalam berbagai bidang, antara lain industri, kesehatan, lingkungan dan pertanian:

1. Industri

Produk arang aktif lebih dari 70% digunakan di sektor industri (Harris, 1999). Penggunaan utama dari arang aktif adalah untuk pemurnian larutan, seperti industri gula, sirup, air minum, sayuran, lemak, minyak, minuman alkohol, bahan kimia dan farmasi; penyerap gas beracun pada masker; penghilang bau pada sistem alat pendingin; penyerap emisi uap bahan bakar pada otomotif serta sebagai filter rokok (Austin, 1984; Harris, 1999). Arang aktif juga telah digunakan sebagai bahan tambahan dalam produk untuk pemeliharaan kebersihan dan kehalusan kulit dan rambut, antara lain sabun, lulur dan sampo. Menurut Arsad dan Saibatul (2010), penggunaan karbon aktif juga ditemukan pada industri obat dan makanan yang digunakan sebagai penyaring, pada industri minuman keras karbon aktif memiliki kegunaan yaitu penghilang bau, warna pada minuman, pada industri kimia perminyakan sebagai penyuling bahan mentah, pada industri

pembersih air sebagai penghilang warna, bau dan penghilang resin, pada budidaya udang sebagai pemurnian, penghilang ammonia, netrite phenol dan logam berat, pada industri gula sebagai penghilang zat-zat warna menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna, pada industri pemurnian gas sebagai penghilang sulfur, gas beracun, dan bau busuk asap, pada industri pengolahan pupuk sebagai pemurni dan penghilang bau.

2. Kesehatan

Di dalam bidang kesehatan, arang aktif digunakan dalam penanganan keracunan eksternal dan terapi diare sekretonik (Muthschler, 1986). Pada keracunan secara oral, untuk menghindari penyerapan sejumlah racun yang masih ada dalam saluran cerna dapat dilakukan dengan pemberian adsorben.

Adsorben yang paling berkasiat dan kurang berbahaya sehingga paling banyak digunakan adalah arang aktif. Menurut Muthschler (1986) toksin Kolera, Salmonella dan Shigella serta galur Coli patogen menyebabkan meningkatnya sekresi elektrolit dan air kedalam lumen usus (diare sekretonik). Terapi diare sekretonik dapat dilakukan dengan penggunaan adsorben (misalnya arang aktif), zat pengembang (misalnya pektin) atau astrigen (preparat yang mengandung tanin). Karbon aktif banyak digunakan untuk menjernihkan air, pemurnian gas, industri minuman, farmasi, katalisator, dan pada bidang kesehatan juga dimanfaatkan sebagai obat penawar bisa, obat anti racun, dan lain sebagainya (Irnameria, 2020). Bahkan menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*The US Environmental Protection Agency / USEPA*), adsorpsi menggunakan karbon aktif merupakan salah satu teknologi pengendalian polusi lingkungan terbaik yang tersedia (Sivakumar dkk, 2012).

3. Lingkungan

Kadirvelu et al. (2001) telah membuktikan kemampuan arang aktif sebagai adsorben terhadap logam Hg, Pb, Cd, Ni, Cu dalam limbah cair industri radiator, pelapisan nikel dan pelapisan tembaga. Kemampuan arang aktif sebagai penghilang logam tersebut dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi karbon. Kenaikan kadar karbon menaikkan persen adsorpsi arang aktif terhadap ion logam. Penggunaan arang aktif sangat penting dalam proses penjernihan air dan udara Harris (1999). Proses penjernihan air, arang aktif selain mengadsorpsi logam-logam seperti besi, tembaga, nikel, juga dapat

menghilangkan bau, warna dan rasa yang terdapat dalam larutan atau buangan air. Di beberapa negara arang aktif dilaporkan telah digunakan sebagai penyerap residu pestisida pada proses penjernihan air untuk mendapatkan air minum yang bebas pestisida (Gerard dan Barthelemy, 2003 dalam Gani, 2007).

Arang aktif dapat mendeaktivasi kontaminan pestisida yang terdapat di dalam tanah dengan dosis antara 100-400 kg/ha (Miller & McCarty, 2002). Arang aktif dalam tanah dapat meningkatkan total organik karbon dan mengurangi biomassa mikroba, respirasi, dan agregasi serta pengaruh pembekuan cahaya pada tanah, karena arang aktif dapat menyerap dan menyimpan panas (Weil *et al.*, 2003). Arang aktif digunakan untuk penyerap gas beracun pada industri pengolahan cat dan perekat (Asano *et al.*, 1999) dan dapat mereduksi emisi formaldehida dari 3,46 mg/l menjadi 0,66 mg/l pada pembuatan papan partikel menggunakan bahan perekat Urea Formaldehida (Santoso dan Pari, 2012).

4. Pertanian

Walaupun penelitian penggunaan arang aktif untuk pertanian telah banyak dilaporkan, namun sampai saat ini praktik penggunaan arang aktif pada bidang tersebut belum banyak dilakukan. Penambahan arang aktif bambu pada media tumbuh dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi anakan *Eucalyptus urophylla* lebih baik dibandingkan kontrol, namun pertumbuhannya akan lebih baik bila pada waktu penanaman arang aktif dicampur dengan kompos (Gusmailina dkk., 2000). Media tumbuh semai melina (*Gmelina arborea Roxb*) yang ditambahkan arang aktif dengan kadar 15% dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi 8,20%, diameter batang 45,95% dan bobot biomassa 58,82% (Lempang dan Tikupadang, 2013). Penggunaan arang aktif juga menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan akar dan bobot biomassa tanaman pule landak, serta pengembangan stek tanaman *Capsicum omnium* (Ciner & Tipirdamaz, 2002), juga mencegah pembusukan akar pada tanaman melon (Nischwitz *et al.*, 2002).

2.3.3 Struktur Karbon Aktif

Arang aktif mempunyai struktur berupa jaringan berpilin dari lapisan-lapisan karbon yang tidak sempurna, yang dihubungkan oleh suatu jembatan alifatik. Luas permukaan, dimensi dan distribusi atom-atom karbon penyusun

struktur arang aktif sangat tergantung pada bahan baku, kondisi karbonasi dan proses aktivasinya (Kyotani, 2000). Susunan atom-atom karbon pada arang aktif terdiri atas pelat-pelat heksagonal. Pemakaian komersial karbon aktif pada umumnya berada dalam dua bentuk utama, yaitu *powdered activated carbon* (PAC) dan *granular activated carbon* (GAC). Penggunaan PAC dan GAC terutama adalah untuk penghilangan warna pada industri makanan (misalnya pabrik gula), penghilangan zat-zat organik, penghilangan bau dan polutan konsentrasi rendah pada air minum, dan pada penanganan limbah cair (Mulyono & Kusuma, 2010).

Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Terutama digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Biasanya digunakan pada industri pengolahan air minum, industry farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi. Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 -5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk (Yunita dkk, 2019). Standar kualitas karbon aktif di Indonesia menurut SNI 06-3730-1995 seperti pada **Tabel 2.1** dibawah ini.

Tabel 2.1 Standar Kualitas Karbon Aktif menurut SNI 06-3730

Uraian	Prasyarat kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	Maksimal 15	Maksimal 25
Kadar Air, %	Maksimal 4.5	Maksimal 15
Kadar Abu, %	Maksimal 2.5	Maksimal 10
Bagian Tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ , mg/g	Minimal 750	Minimal 75
Karbon aktif murni, %	Minimal 80	Minimal 65
Daya serap terhadap benzena,%	Minimal 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Minimal 60	Minimal 20
Berat jenis curah, g/mL	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325, %	-	Minimal 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	90	-

Sumber: (SNI, 1995)

2.3.4 Daya Serap

Daya serap arang aktif merupakan suatu akumulasi atau terkonsentrasinya komponen di permukaan/antar muka dalam dua fasa. Bila ke dua fasa saling berinteraksi, maka akan terbentuk suatu fasa baru yang berbeda dengan masing-masing fasa sebelumnya. Hal ini disebabkan karena adanya gaya tarik-menarik antar molekul, ion atau atom dalam ke dua fasa tersebut. Gaya tarik-menarik ini dikenal sebagai gaya Van der Waals. Kondisi tertentu, atom, ion atau molekul dalam daerah antar muka mengalami ketidak seimbangan gaya, sehingga mampu menarik molekul lain sampai keseimbangan gaya tercapai (Manocha, 2003). Daya adsorpsi arang aktif disebabkan adanya pori-pori mikro yang sangat besar jumlahnya, sehingga menimbulkan gejala kapiler yang mengakibatkan adanya daya adsorpsi (Yustinah dan Hartini, 2011).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak.

Daya serap arang aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya (Polii, 2017).

Lempang (2014), melaporkan bahwa pada umumnya penyerapan oleh arang aktif tergolong penyerapan secara fisik. Hal ini disebabkan oleh pori arang aktif banyak dan permukaannya luas. Faktor lain yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat polaritas dari permukaan arang aktif. Sifat ini sangat bervariasi untuk setiap jenis arang aktif, karena hal ini sangat tergantung pada bahan baku, cara pembuatan arang dan bahan pengaktif yang digunakannya.

III. METODE

3.1 Waktu

Penyusunan skripsi, pengumpulan data atau informasi dan penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Oktober 2020 sampai Juli 2021.

3.2 Metode

Penelitian ini adalah penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Reviews* (SLR), yakni sebuah sintesis dari studi literatur yang bersifat sistematis, jelas, menyeluruh, dengan mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi melalui pengumpulan data-data yang sudah ada dengan metode pencarian yang eksplisit dan melibatkan proses telaah kritis dalam pemilihan studi (Kitchenham, 2004). Penelitian yang menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR), ada beberapa tahapan yang harus dilakukan sehingga hasil dari studi literatur tersebut dapat diakui kredibilitasnya. Prinsipnya penelitian *systematic review* dimulai dengan membuat protokol penelitian *systematic review* dan tahap berikutnya melaksanakan penelitian *systematic review* (Perry & Hammond, 2002). Secara umum proses penelitian *systematic review* ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

3.1.

Tabel 3.1 Proses Penelitian *Systematic Review*

No	Tahapn Proses	Tujuan
1.	Identifikasi pertanyaan penelitian	Melakukan transformasi masalah menjadi pertanyaan penelitian
2.	Mengembangkan protokol penelitian <i>systematic review</i>	Memberikan penuntun dalam melakukan <i>systematic review</i>
3.	Menetapkan lokasi <i>database</i> hasil penelitian sebagai wilayah pencarian	Memberikan batasan pencarian terhadap hasil penelitian yang relevan
4.	Seleksi hasil-hasil penelitian yang relevan	Mengumpulkan hasil-hasil penelitian yang relevan dengan pertanyaan penelitian
5.	Pilih hasil-hasil penelitian yang berkualitas	Melakukan eksklusi dan inklusi terhadap penelitian
6.	Sintesis hasil dengan metode naratif	Melakukan sintesis hasil dengan teknik naratif
7.	Penyajian hasil	Menuliskan hasil penelitian dalam dokumen laporan hasil <i>systematic review</i>

Sumber : (Perry & Hammond, 2002)

Penelitian ini merupakan tinjauan literature sistematis (SLR) dengan menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* atau biasa disebut PRISMA. Metode ini dilakukan secara sistematis dengan mengikuti tahapan atau protocol penelitian yang benar.

Prosedur dari SLR metode PRISMA mencakup langkah-langkah sebagai berikut (Francis & Baldesari, 2006):

1. Memformulasikan pertanyaan penelitian (*formulating the research question*)
2. Melakukan pencarian literatur *systematic review (conducting a systematic literature search)*
3. Melakukan skrining dan seleksi artikel penelitian yang cocok (*screening and selecting appropriate research articles*)
4. Melakukan analisis dan sintesis temuan-temuan
5. Menyusun laporan akhir (*presenting findings*)

3.2.1 Menetapkan Kata Kunci dan Lokasi Database

Sumber didapatkan dengan cara mencari informasi dan membaca literatur dilakukan melalui buku, jurnal, berita online, dan laporan penelitian yang membahas tentang karbon aktif limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal.

Tahapan ini diharapkan dapat menghasilkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang berkaitan dengan tema atau topik penelitian yang akan dilakukan.

Informasi dan data yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari hasil - hasil riset terdahulu yang sudah diterbitkan dalam situs online nasional serta global. Peneliti melakukan pencarian jurnal atau artikel yang diterbitkan di internet menggunakan *search engine* Google Chrome dengan fokus pencarian berupa jurnal berkaitan karbon aktif limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal. Tahap pengumpulan data sebagai berikut:

1. Strategi dalam pengumpulan referensi (jurnal internasional dan nasional) dengan memakai web yang telah terakreditasi dan diakui serta resmi yaitu *Google Scholar, Science Direct, dan ProQuest*
2. Proses pencarian artikel di *database*, pada *Proquest* dan *Google Scholar* dibatasi tiap gabungan kata kunci sampai pencarian pada halaman ke-11 sedangkan pada *Science Direct* dibatasi tiap gabungan kata kunci sampai pencarian pada halaman ke-6. Hal ini bertujuan untuk member batasan karena pada halaman lebih dari 11 dan 6 (masing-masing *database*) sudah tidak ditemukan lagi artikel yang berhubungan dengan topik yang dibahas
3. Pencarian artikel dilakukan dengan memasukkan kata kunci sebagai berikut:

- Pencarian literatur nasional menggunakan kata kunci “karbon aktif adsorpsi timbal”, “karbon aktif adsorpsi Pb”, “arang akrif adsorpsi timbal”, dan “arang aktif adsorpsi Pb”
- Pencarian literatur internasional menggunakan kata kunci “*activated carbon lead adsorption*” dan “*activated carbon Pb adsorption*”

3.2.2 Kriteria Literatur

Penentuan criteria menjadi langkah selanjutnya dalam penelitian SLR.

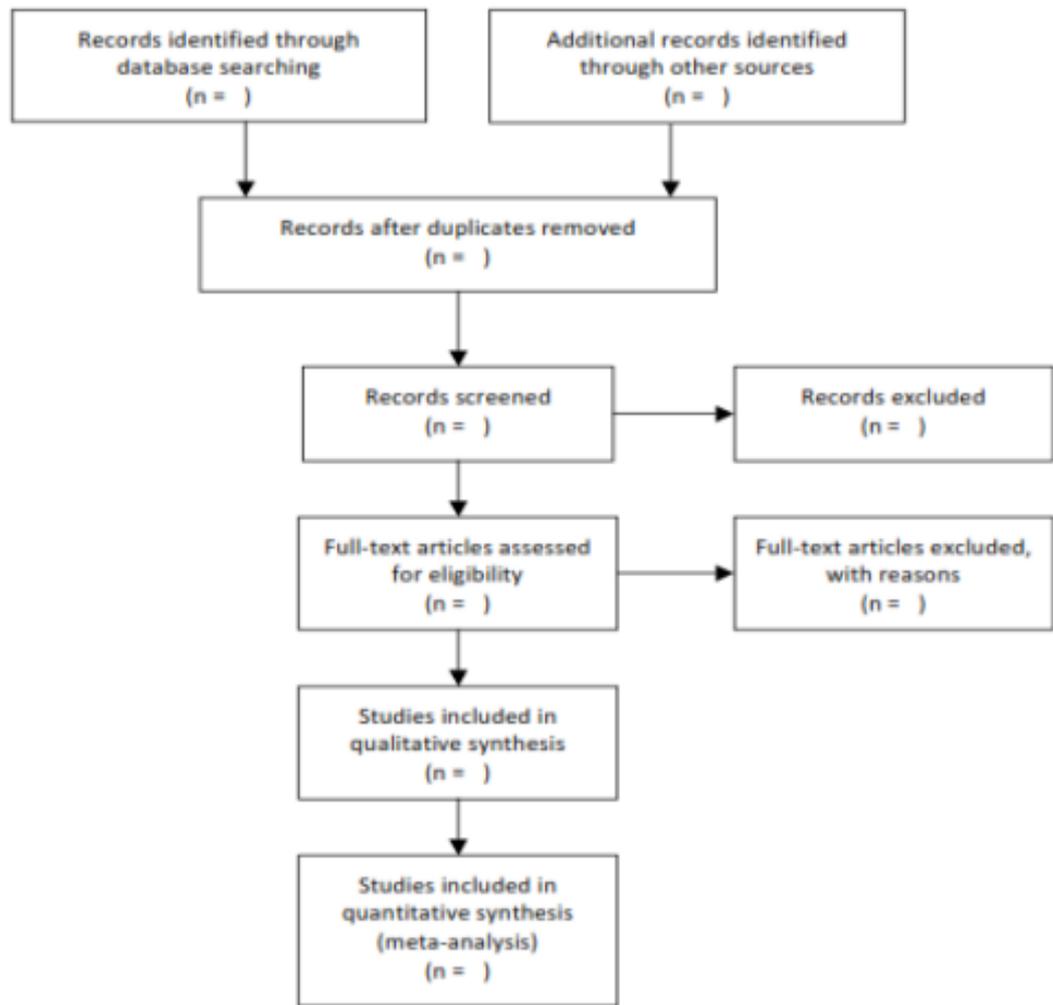
Kriteria pemilihan penelitian hasil pencarian perlu dilakukan untuk mengumpulkan hasil-hasil penelitian yang relevan dengan topic penelitian (Perry and Hammond, 2002). Kriteria artikel yang pertama dimulai dengan mencari adanya kesamaan artikel (duplikasi). Kriteria selanjutnya yaitu penulis melakukan tinjauan artikel secara menyeluruh (*fulltext*) untuk mencegah keraguan terhadap artikel yang dipilih. Kemudian dengan melihat judul dan abstrak, kemudian disesuaikan dengan kriteria inklusi eksklusi seperti pada **Tabel 3.2.**

Tabel 3.2 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
<ul style="list-style-type: none"> • Artikel riset publikasi tahun 2011 sampai 2021 • Penelitian diterbitkan dalam bentuk jurnal dan prosiding • Publikasi ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris • Bahan yang digunakan sebagai karbon aktif merupakan limbah agroindustri (limbah dari hasil peternakan, perikanan, perkebunan dan kehutanan yang diaplikasikan dalam industri) • Adsorben menggunakan karbon aktif • Adsorbat yaitu logam timbal 	<ul style="list-style-type: none"> • Artikel riset publikasi sebelum tahun 2011 • Penelitian tidak diterbitkan dalam bentuk jurnal dan prosiding • Penelitian tidak dituliskan dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris • Bahan yang digunakan sebagai karbon aktif bukan merupakan limbah agroindustri • Adsorben bukan menggunakan karbon aktif • Adsorbatnya bukan logam timbal

3.2.3 Pencarian, Seleksi, Pemilihan Hasil, dan Penilaian Kualitas

Seleksi dan pemilihan hasil penelitian ini penulis menggunakan metode PRISMA. Metode PRISMA merupakan sebuah pedoman untuk membantu penulis dalam merencanakan *Systematic Literature Review*. (Moher et al, 2015). Metode ini dilakukan secara sistematis dengan mengikuti tahapan atau protokol penelitian yang benar (Ningsihdkk, 2019). Diagram alir PRISMA untuk seleksi pencarian literatur dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**



Gambar 3.1 Diagram Alir PRISMA

Sumber: (Moher *et al*, 2015)

3.2.4 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini termasuk jenis penelitian meta-sintesis, yaitu metode *systematic literature review* yang mengidentifikasi, menilai, dan menginterpretasi seluruh temuan-temuan pada suatu topik penelitian, untuk menjawab pertanyaan penelitian (*research question*) yang telah ditetapkan sebelumnya (Wahono, 2015). Penelitian ini penulis menggunakan metode meta-analisis dengan pendekatan meta-agregasi dimana dari data, temuan-temuan penting yang didapat kemudian di-sintesis menggunakan metode naratif dengan mengelompokkan data-data yang sejenis sesuai dengan hasil yang diukur untuk menjawab tujuan. Penelitian ini juga mencakup perhitungan efektivitas adsorpsi didasarkan pada Larasati (2015), dimana efektivitas adsorpsi logam dapat

dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan (Ef) seperti pada persamaan dibawah ini:

$$Ef(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

Keterangan:

Ef= Efektivitas penurunan

Yi= Kandungan logam berat awal

Yf= Kandungan logam berat akhir

Yi-Yf= kandungan logam berat yang terserap

Data yang sudah terkumpul kemudian dicari persamaan dan perbedaannya lalu dibahas untuk selanjutnya dapat ditarik kesimpulan.

3.2.5 Kesimpulan dan Saran

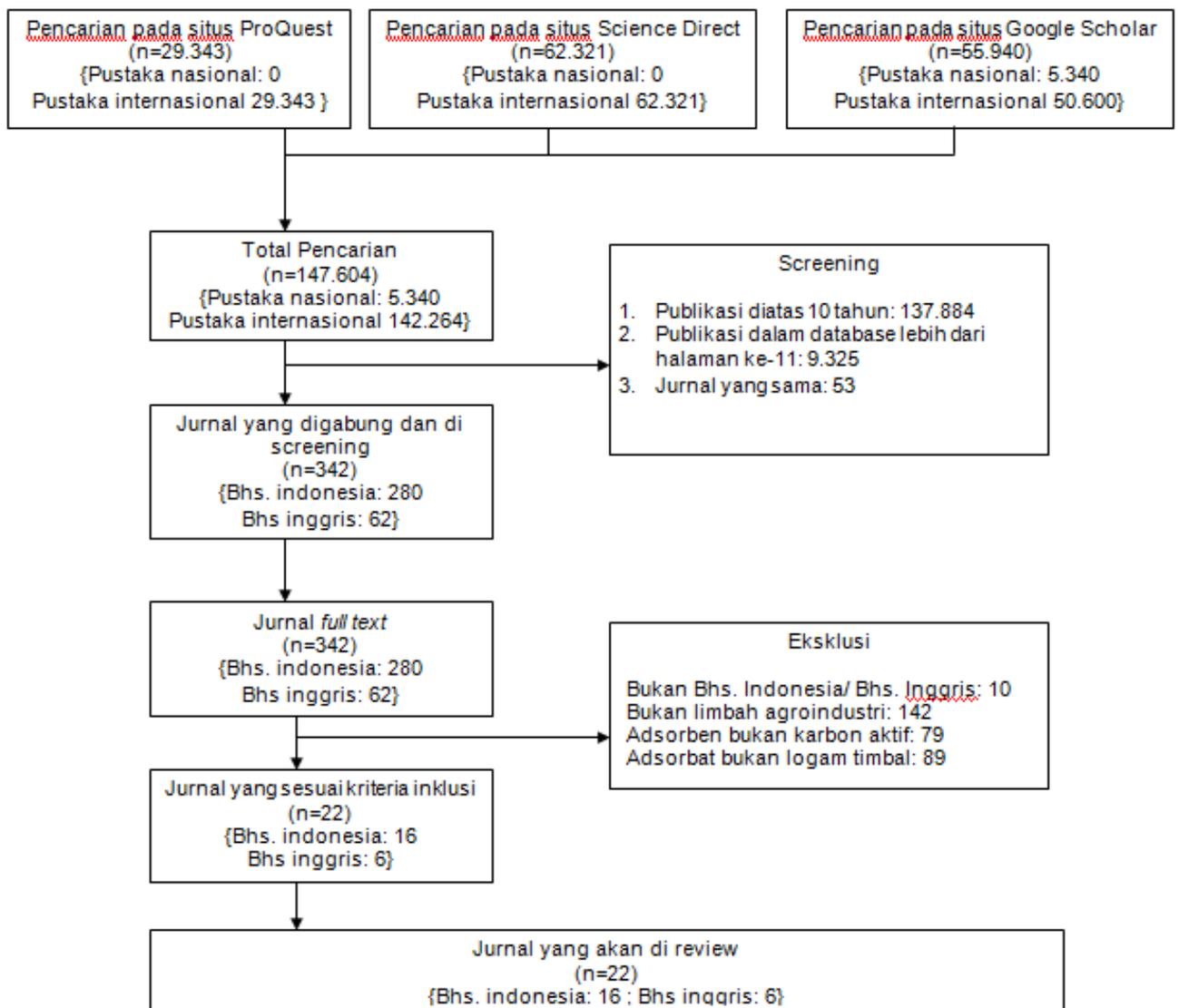
Kesimpulan dan saran merupakan bagian akhir dari skripsi yang menunjukkan jawaban atas rumusan masalah dan tujuan penelitian.

Pengambilan kesimpulan dilakukan dengan mengacu pada permasalahan penelitian yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian, untuk saran berisikan masukan untuk penelitian berbasis review literatur selanjutnya berdasarkan kekurangan dari penelitian sekarang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Synthesize Literature (Sintesis Literatur)

Literatur diperoleh dengan mengakses situs resmi diantaranya *Google Scholar*, *Science Direct*, dan *ProQuest*. Hasil pencarian dari situs tersebut melewati proses seleksi seperti yang ditampilkan pada bagan PRISMA, hasil seleksi literatur ini ditunjukkan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1. Bagan PRISMA Hasil Seleksi

Total pencarian jurnal yang belum melalui seleksi yaitu 166.022 jurnal. Setelah dilakukan proses seleksi yaitu *screening* dan seleksi kriteria inklusi eksklusif maka didapatkan hasil penelitian yang akan di *review* yaitu 22 artikel yang terdiri dari 16 jurnal berbahasa Indonesia dan 6 jurnal berbahasa Inggris.

Artikel tersebut disintesis dalam sebuah tabel untuk memudahkan dalam menganalisis masing-masing literatur. Detail literatur dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Alfiyani, H., dkk (2013)	Journal Natural Science Vol. 2 (3) : 75-86	Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pbdengan Beberapa Aktivator Asam	<ul style="list-style-type: none"> • Daya serap iod pada arang aktif tongkol jagung yang diaktivasi asam klorida (HCl) sebesar 773,85 mg/g, asam sulfat (H₂SO₄) sebesar 665,76 mg/g dan asam nitrat (HNO₃) sebesar 637,82 mg/g. • Jumlah arang dengan serapan terbaik adalah 14 gram dan ion Pb terserap 0,508 ppm. • Kapasitas adsorpsi yang terbaik pada berat 12 gram sebesar 23,80 %.
2.	Asrijal, dkk(2014)	Al-Kimia	Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) pada Karbon Aktif AmpasTebuTerhadap Kapasitas Adsorpsi LogamTimbal	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis konsentrasi timbal menggunakan spektrofotometer adsorpsi atom (AAS) menunjukkan bahwa karbon tidak aktif melakukan adsorpsi terbaik dengan konsentrasi timbal yang teradsorpsi sebesar 9,8485 mg/L dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,197 mg/g • Kadar logam berat yang mampu diserap oleh karbon aktifampas tebu dengan konsentrasi (0%, 5%, 15%, dan 20%) berturut-turut adalah 9,848 ppm, 9,740 ppm, 7,962 ppm dan 7,707 ppm dengan efisiensi serapan berturu-turut yaitu 98,5%, 97,4%, 94,3%, 79,6% dan 77,1%. • Konsentrasi aktivtor berbanding terbalik terhadap daya serap karbon aktif dari ampas tebu. Dimana semakin tinggi konsentrasi, maka semakin rendah kadar logam yang mampu diserap oleh karbon aktif

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Gultom, E.M.,dkk (2014)	Jurnal Kimia Vol. 3(1)	Teknik Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H ₃ PO ₄ untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 68,7 % dan 62,9 %. • Waktu optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm adalah 40 menit dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 84,61 % dan 80,13 %. • pH optimum penyerapan untuk Cd dan Pb dicapai pada konsentrasi 10 ppm dan waktu 40 menit adalah pH 3 dan 4 dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cd dan Pb masing-masing sebesar 81,2 % dan 80,2 %. • Karbon aktif yang dihasilkan mampu menyerap logam Cd dan Pb masing-masing 84,61 % dan 80,13 %. • Kinetika adsorpsi pseudo order dua lebih sesuai digunakan untuk penggunaan karbon aktif berbahan baku cangkang kelapa sawit dengan aktivator H₃PO₄ sebagai adsorben untuk menyerap logam limbah Pb dan Cd.
4.	Owamah, H.I. (2014)	J Mater Cycles Waste Manag Vol. 16 :347–358	<i>Biosorptive Removal Of Pb(II) and Cu(II) from Wastewater Using Activated Carbon from Cassava Peels</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Model Langmuir menunjukkan bahwa biomassa memiliki kapasitas penyerapan yang lebih tinggi untuk Cu(II) dari Pb(II), dengan $q_m = 5,80 \text{ mg g}^{-1}$ untuk Pb(II) dan $8,00 \text{ mg g}^{-1}$ untuk Cu(II). Isoterm Freundlich Kf adalah 1,4 untuk Pb(II) dan 1,8 untuk Cu(II)
5.	Song, C., et al (2014)	Sustainability Vol.6 : 86-98	<i>Adsorption Studies of Coconut Shell Carbons Prepared by KOH Activation for Removal of Lead(II) From Aqueous Solutions</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Karbon tempurung kelapa yang dibuat dengan aktivasi KOH menunjukkan keuntungan besar dalam penghilangan Pb²⁺ dari larutan berair. • Rasio berat KOH/sampel yang tinggi menguntungkan untuk menghasilkan karbon tempurung kelapa dengan luas permukaan spesifik yang tinggi dan menunjukkan kemampuan

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
6.	Irwandi,R., dkk (2015)	JOM FTEKNIK Vol.2 (2)	Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Pb	<p>adsorpsi yang baik.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi sangat tergantung pada konsentrasi adsorben, waktu pengadukan dan konsentrasi ion awal • Dari hasil penelitian yang diperoleh, diketahui bahwa ampas tebu dapat digunakan pada proses adsorpsi karena mempunyai karakteristik fisik dan karakteristik kimia yang dapat digunakan sebagai adsorben dengan kadar air 13,73 %, dan kadar abu 5,62% • Pengaruh massa adsorben terhadap daya serap karbon aktif pada logam Pb menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben maka semakin besar daya serap karbon aktif terhadap logam Pb yang dihasilkan. • Pengaruh waktu kontak terhadap daya serap karbon aktif pada logam Pb adalah semakin lama waktu kontak antara karbon aktif dengan logam Pb maka semakin besar daya serap yang dihasilkan sampai waktu kontak yang diperlukan cukup untuk dapat mengadsorpsi logam Pb secara optimal. • Kondisi terbaik dicapai pada massa karbon aktif 3 gram dengan waktu kontak optimum 90 menit dengan efisiensi penyerapannya sebesar 94,15 %.
7.	Jayanti, S., dkk (2015)	KOVALEN, Vol.1(1) :13-19	Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica Linn.</i>) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 pada Penyerapan Logam Timbal	<ul style="list-style-type: none"> • Karbon aktif mempunyai kapasitas adsorpsi terbaik (89,59 ppm) pada berat 5 gram, sementara waktu kontak optimum dicapai pada 50 menit dengan 69,02 ppm dari Pb yang terserap. • Aktivasi karbon aktif dengan H_3PO_4 pada konsentrasi optimum 2 N telah meningkatkan kapasitas adsorpsi sebesar 11,11%
8.	Sanjaya, A.S., dkk (2015)	Konversi Vol. 4 (1) :	Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu optimum adsorpsi terjadi pada waktu 60 menit.



Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		17-24	Arang Aktif dari Kulit Pisang	<p>Kinetika adsorpsi logam Pb dengan arang aktif dari kulit pisang pada massa 1 dan 2 g mengikuti model kinetika orde 2, sedangkan pada massa 1,5 g mengikuti kinetika orde 0.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Persamaan adsorpsi Langmuir lebih sesuai untuk isotherm adsorpsi pada penelitian ini. • Adsorpsi Pb oleh kulit pisang yang sesuai dengan pola isotherm adsorpsi Langmuir mengindikasikan bahwa adsorpsi hanya berlangsung satu lapis (<i>monolayer</i>). Kapasitas adsorpsi maksimum ditunjukkan oleh nilai a yang besar, yaitu 1,4582 pada massa 1 g sedangkan kekuatan interaksi antara ion Pb^{2+} dengan kulit pisang terjadi pada massa 2 g yang ditunjukkan dengan nilai k_L yang besarnya 0,4090.
9.	Sencan (2015)	dkk Environ Sci Pollut Res Vol. 22:3238-3248	<i>Determination of Lead(II) Sorption Capacity of Hazelnut Shell and Activated Carbon Obtained From Hazelnut Shell Activated with ZnCl₂</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Luas permukaan kulit kemiri adalah meningkat dari 5,92 menjadi 736,49 m²/g oleh termal dan kimia perawatan. Karena luas permukaan sorben meningkat, disana lebih banyak kesempatan untuk menangkap ion Pb^{2+}.
10.	Yi, Z., et al (2015).	Water Science & Technology Vol. 72 (6) : 983-989	<i>Removal of Pb(II) by Adsorption Onto Chinese Walnut Shell Activated Carbon</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Data kesetimbangan dapat dijelaskan dengan baik oleh model isotherm Langmuir, dengan maksimum kapasitas adsorpsi sebesar 81,96 mg/g. Data kinetika adsorpsi dilengkapi dengan pseudo-first- dan pseudosecond-model pesanan. Hasilnya menunjukkan bahwa model orde pertama semu paling baik menggambarkan data kinetika adsorpsi. Singkatnya, CWSAC bisa menjadi bahan yang menjanjikan untuk menghilangkan $Pb(II)$ dari air limbah.
11.	Jalip & Yeremiah (2017)	& Prosiding Seminar Nasional 2016	Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH pada Arang Aktif Kulit Pisang Kepok untuk Adsorpsi Logam Timbal (Pb^{2+})	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi optimum aktivator NaOH untuk daya serap $Pb(II)$ dihasilkan pada konsentrasi 5,0 M dengan kapasitas adsorpsi 0,36 mg/g.

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
12.	Murtono, J., & Iriany (2017)	Jurnal Kimia Vol. 6 (1) : 43-48	Teknik Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet dengan Aktivator H_3PO_4 dan Aplikasinya sebagai Penjerap Pb(li)	<ul style="list-style-type: none"> • Karakteristik karbon aktif secara umum telah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Karbon aktif hasil aktivasi asam fosfat dengan konsentrasi 20% mampu menghilangkan kadar ion Pb(II) sebesar 74%.
13.	Sylvia, N., dkk (2017)	Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol.1 (1)	Adsorpsi Pb^{2+} (Timbal) Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kernel Kelapa Sawit pada <i>Single Bed Column</i> dan <i>Double Bed Column</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar penyisihan logam maksimum diperoleh 98,42% pada waktu 16 jam pada laju alir 6 L/menit dengan tinggi unggun 9 cm pada double bed column. Mekanisme penyerapan yang terjadi mengacu kepada isothermal Langmuir.
14.	Misfadhila, S., dkk (2018)	Jurnal Farmasi Higea Vol. 10 (2): 126-133	Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif sebagai Adsorben Logam Timbal	<ul style="list-style-type: none"> • Serbuk cangkang telur memiliki kapasitas penyerapan yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan karbon aktif. Jumlah logam timbal tertinggi yang diserap oleh adsorben cangkang telur yaitu pada konsentrasi 432,05 mg/L sebanyak 21,60 mg/g. Jumlah logam timbal tertinggi yang terserap oleh adsorben karbon aktif yaitu pada konsentrasi 858,2 mg/L sebanyak 7,26 mg/g. Persen efektivitas penyerapan timbal tertinggi menggunakan adsorben cangkang telur yaitu 99,98 % pada konsentrasi 432,05 mg/L dengan berat adsorben sebanyak 1 gram, sedangkan persen efektivitas penyerapan timbal tertinggi menggunakan adsorben karbon aktif yaitu 56,14 % pada konsentrasi 35,03 mg/L dengan berat adsorben sebanyak 1 gram.
15.	Puspitaloka, J.A., dkk (2018)	Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol. 6 (6) : 189-196	Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif Tempurung Kelapa dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal	<ul style="list-style-type: none"> • Rata – rata efektivitas penurunan kadar logam berat timbal dengan media arang aktif tempurung kelapa granul dengan ketebalan 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm, dan 20 cm masing – masing sebesar 5,94%; 8,15%; 13,59%; 18,26%; 27,26%. • Perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				logam berat timbal pada larutan pestisida adalah dengan variasi ketebalan arang aktif tempurung kelapa granul 20 cm. Diperoleh dengan rata – rata penurunan 27,26%.
16.	Silaban, D.P., (2018)	Jurnal Dinamika Penelitian Industri Vol. 29 (2) :119-127	Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu dan Pb	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan waktu kontak berbanding lurus dengan efektivitas penyerapan logam dengan rentang waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit dan peningkatan konsentrasi berbanding terbalik terhadap efektivitas penyerapan logam Cd, Cu dan Pb pada konsentrasi 5, 10, 20 dan 40ppm. Dalam penelitian juga diketahui bahwa efektivitas penyerapan karbon aktif terhadap logam Cd, Cu dan Pb memiliki tingkat yang berbeda.
17.	Verayana, dkk (2018)	Jurnal Entropi Vol. 13 (1) :67-75	Pengaruh Aktivator HCl dan H3PO4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil uji daya adsorpsi menunjukkan prestase arang aktif tempurung kelapa dengan aktivator H3PO4 adalah 92,926%, aktivator HCl adalah 77,813%, dan arang tempurung tanpa aktivasi adalah 59,485%.
18.	Huang, X., et al (2019)	Environmental Science and Pollution Research Vol. 26 (3):517–528	<i>Tailored High Mesoporous Activated Carbons Derived from Lotus Seed Shell Using One-Step ZnCl2-Activated Method With Its High Pb(II) Capturing Capacity</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitas adsorpsi monolayer maksimum (qm) untuk Pb(II) sebesar 247,7 mg/g pada 25 °C dapat dipasang dari isoterm Langmuir.
19.	Irawan, C., dkk (2019)	Jurnal Teknologi Rekayasa Vol. 4 (2) :267-276	Adsorpsi Logam Timbal secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorben cangkang kelapa sawit efektif dalam mengadsorpsi kandungan logam Pb dengan waktu kesetimbangan 24 jam, dosis optimum 2,5 g/L, dan ukuran adsorben 355 µm dengan penurunan konsentrasi dan kadar Pb teradsorb 1,41 mg/L dan 98,47 %. Efisiensi penurunan kandungan logam Pb pada proses adsorpsi batch sebesar 99,07 %, sedangkan dengan proses adsorpsi secara kontinu sebesar 95,23%.

Tabel 4.1 Hasil Sintesis Literatur

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
20.	Patracia, D., dkk (2019)	Jurna I Berkala Kesehatan Vol.5 (1) : 18-22	Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dalam Mengikat Logam Berat Timbal	<ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa arang aktif kulit pisang kepok dengan variasi massa 2g/200ml, 3g/200ml, 4g/200ml mampu menurunkan kadar Pb pada air sumur TPA Pakusari. Rata-rata kadar Pb P0 yakni, 0,063 ppm, melebihi kadar baku mutu lingkungan. Rata-rata kadar Pb kelompok P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah 0,041 pm, 0,020 ppm, 0,003 ppm berada di bawah baku mutu lingkungan.
21.	Putrianda, D.C., dkk (2019)	Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif 2019	Aktivasi Karbon Aktif Kulit Singkong dengan Aktivator NaCl, ZnCl ₂ , dan Na ₂ CO ₃ untuk Adsorben Pb ²⁺	<ul style="list-style-type: none"> Jenis dan konsentrasi aktivator terbaik yang didapat adalah aktivator NaCl dengan konsentrasi sebesar 5% dimana didapatkan nilai kadar air sebesar 5,68%; nilai kadar abu sebesar 11,65%; nilai daya serap Iod sebesar 328,74 mg/g; dan nilai penurunan kandungan Pb²⁺ sebesar 99,34%.
22.	Kongsune, P., et al (2021)	Elsevier: Groundwater for Sustainable Development Vol.12 (2021) 100524	<i>The Removal of Pb²⁺ from Aqueous Solution Using Mangosteen Peel Activated Carbon: Isotherm, Kinetic, Thermodynamic and Binding Energy Calculation</i>	<ul style="list-style-type: none"> Kapasitas adsorpsi maksimum pada kesetimbangan (qe) Pb²⁺ adalah 130,51 mg g⁻¹ Desorpsi Pb²⁺ dari MPAC lebih dari 91,69% dan 95,82% untuk pH 5 dan pH 7, masing-masing.

Hasil analisis data **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa karbon aktif dapat dibuat dari limbah agroindustri yaitu, ampas tebu, biji asam Jawa, cangkang kelapa sawit, cangkang buah karet, cangkang hazelnut, cangkang telur, cangkang walnut Cina, kulit biji lotus, kulit manggis, kulit pisang, kulit singkong, tempurung kelapa dan tongkol jagung. Jumlah pengaplikasian untuk masing-masing bahan baku karbon aktif dapat dilihat dalam **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Bahan Baku Karbon Aktif

Bahan Karbon aktif	Jumlah literatur
Ampas tebu	2
Biji asam Jawa	1
Cangkang kelapa sawit	3
Cangkang buah karet	1
Cangkang hazelnut	1
Cangkang telur	1
Cangkang walnut Cina	1
Kulit biji lotus	1
Kulit manggis	1
Kulit pisang	1
Kulit pisang kepok	2
Kulit singkong	2
Tempurung kelapa	4
Tongkol jagung	1
Jumlah	22

Berdasarkan **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa tempurung kelapa merupakan bahan yang paling banyak dijadikan karbon aktif. Sifat karbon aktif dapat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Landiana dan Arkilau, 2016). Berdasarkan hasil tempurung kepala paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan sebagai negara yang terletak pada wilayah tropis, Indonesia merupakan salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia. Luas areal pertanaman kelapa di Indonesia pada tahun 2005 mencapai 3,29 juta ha dengan jumlah tanaman produktif mencapai 73,6% (Departemen Pertanian, 2007). Data *Asia Pasific Coconut Comunity* (APCC, 2007) menunjukkan bahwa produksi buah kelapa nasional adalah sebanyak 15,5 miliar butir/ tahun dan ketersediaan tempurung kelapa yang dihasilkan adalah 150.276 ton/tahun. Meskipun tergolong sampah organik, limbah tempurung kelapa tidak mudah terurai mikroorganisme dikarenakan sifatnya yang keras. Selain itu, tempurung kelapa memiliki bobot dan ukuran yang cukup besar. Selain itu dilihat dari segi karakteristiknya karbon dari tempurung kelapa ini dapat digunakan sebagai adsorben dengan kandungan bebas air berkisar antara 10-11% dan pH berkisar 6-8. Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif karena karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi dan reaktivitas yang tinggi (Pambayun dkk, 2011). Karbon aktif tempurung kelapa pada pemanasan suhu 900°C terlihat adanya distribusi rongga - rongga yang lebih banyak. Besarnya ukuran rongga - rongga dikarenakan adanya pengaruh panas saat proses pemanasan yang menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik

pada tempurung kelapa, sehingga semakin tinggi suhu pemanasan maka rongga - rongga yang terbentuk akan semakin banyak (Masthura dan Zulkarnain, 2018).

Jika dilihat dari segi ekonomi yang dimiliki, harga beli dari tempurung kelapa hanya sebesar Rp.700/kg, sedangkan untuk harga jual tempurung kelapa yang telah dibuat menjadi arang aktif sebesar Rp 19.000/kg dengan perkiraan keuntungan dari hasil tempurung kelapa dan karbon aktif sebesar Rp.253.500 (Nustini & Allwar, 2019).

Selain tempurung kelapa, jika dilihat dari banyaknya pengaplikasian pada literatur, cangkang kelapa sawit memiliki jumlah terbanyak kedua setelah tempurung kelapa, sehingga cangkang kelapa sawit berpotensi dijadikan alternatif bahan baku karbon aktif. Ditinjau dari karakteristik bahan baku, jika dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, tempurung kelapa sawit memiliki banyak kemiripan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu (*ash content*) yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit (Meisrilestari dkk, 2013). Di industri minyak sawit, setiap harinya dihasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit dan cangkang yang pemanfaatannya sangat kecil. Setiap harinya dihasilkan tandan kosong sejumlah 22% per ton (158,4 ton) dan cangkang sebanyak 7% per ton (50,4 ton) setiap harinya. Cangkang kelapa sawit juga sangat baik digunakan sebagai bahan baku karbon aktif. Hal ini karena cangkang sawit termasuk bahan yang memiliki lignuselulosa dengan kadar karbon tinggi yaitu mencapai 64%. Cangkang sawit juga memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu yang mencapai 1,4 g/ml. Karakteristik cangkang sawit tersebut sangat memungkinkan untuk diolah menjadi arang yang sangat baik dan memiliki energi panas cukup tinggi, yaitu sebesar 20.093 kJ/Kg (Kurniati, 2010).

4.2 Analisis Adsorpsi

Analisis data ditujukan untuk membahas lebih detail isi atau informasi serta membandingkan hasil terbaik tiap tabel yang terdapat pada literatur. Hasil

Analisis data literatur dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Adsorpsi

Bahan Karbon Aktif	Massa (gr)	Pb awal (ppm)	Pb terserap (ppm)	Massa : terserap Pb	Aktivator	pH	Waktu kontak (menit)	Adsorpsi Timbal (%)
Ampas tebu	3	10	9,415	1: 3,138	KOH	7	90	94,15
Ampas tebu	5	10	9,848	1: 1,9696	H ₂ SO ₄	7	-	98,49
Biji asam Jawa	5	100	89,59	1: 17,918	H ₃ PO ₄	-	50	89,59
Cangkang buah karet	9	20	19,684	1: 2,187	H ₃ PO ₄	7	-	98,42
Cangkang hazelnut	-	100	90	-	ZnCl ₂	7	60	90
Cangkang kelapa sawit	0,5	10	8,013	1: 16,026	H ₃ PO ₄	4	60	80,13
Cangkang kelapa sawit	2,5	150	148,605	1: 59,442	KOH	5	1440	99,07
Cangkang kernel kelapa sawit	1,2	50	48,32	1: 40,267	-	-	960	96,63
Cangkang telur	1	50	28,07	1: 28,07	-	5	30	56,14
Cangkang walnut Cina	2,5	-	200	1: 80	-	5,5	150	94,12
Kulit biji lotus	-	57,4	57,02	-	ZnCl ₂	6,5	60	99,34
Kulit manggis	0,67	50	47,91	1: 71,507	NaCl	5	180	95,82
Kulit pisang	2	4	0,2480	1: 0,124	NaOH	-	60	6,2
Kulit pisang kepok	0,1	100	74	1: 740	NaOH	4	-	74
Kulit pisang kepok	0,2	50	49,3	1: 246,5	-	-	10	98,6
Kulit singkong	12	5,3	4,187	1: 0,349	-	8	120	79
Kulit singkong	4	0,063	0,060	1: 0,015	NaCl	7	-	95,23
Tempurung kelapa	4	250	151,52	1: 37,88	KOH	5	-	60,608
Tempurung kelapa	12	0,235	0,171	1: 0,014	-	7	-	72,7
Tempurung kelapa	1	10	9,292	1: 9,292	H ₃ PO ₄	7	40	92,92
Tempurung kelapa	0,5	5	5	1: 10	Na ₂ CO ₃	7	60	100
Tongkol jagung	14	100	0,508	1: 0,036	HCL	6	1440	0,5

Berdasarkan **Tabel 4.3** jika dilihat dari perbandingan massa dengan Pb terserap, karbon aktif yang adsorpsinya baik yaitu karbon aktif dari baha kulit pisang kepok dengan perbandingan 1:740 yang artinya 1 gr massa karbon dapat menyerap 740 ppm logam timbal dengan nilai persentase adsorpsi 74%. Hal ini dapat dipengaruhi oleh penggunaan aktivator NaOH, yang mana aktivator NaOH memiliki sifat *dehydrating agent* yaitu dapat mengikat air dari molekul yang terikat padanya, hal ini karena NaOH memiliki afinitas yang besar terhadap air, sehingga dengan sifatnya tersebut maka proses aktivasi dapat menyebabkan pori-pori pada arang terbuka (Sahara dkk, 2017). Kekurangan dari penggunaan bahan kulit pisang kepok sebagai karbon aktif yaitu dalam proses pembuatan tidak disebutkan waktu kontak sehingga menjadi kurang efisien. Karena hal ini

tidak sesuai dengan Masitoh dan Sianita (2013) yang mana waktu kontak merupakan faktor penting dalam adsorpsi. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi berbeda beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat.

Jika dilihat dari hasil persentase adsorpsi, efektivitas adsorpsi tertinggi pada persentase 100% yaitu dari bahan tempurung kelapa dan untuk persentase terendah yaitu mencapai 0,5% dari bahan tongkol jagung. Dari hasil tertinggi yaitu tempurung kelapa, terdapat 4 literatur yang membahas bahan yang sama yaitu bahan dari tempurung kelapa sehingga dapat dianalisa adsorpsi karbon aktif dari bahan yang sama seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Bahan Karbon Aktif	Massa karbon aktif (gr)	Pb terserap (ppm)	Massa: Pb terserap	Waktu kontak (menit)	Adsorpsi Timbal (%)
Tempurung kelapa	4	151,52	1: 37,88	-	60,608
Tempurung kelapa	12	0,171	1: 0,014	-	72,7
Tempurung kelapa	1	9,292	1: 9,292	40	92,92
Tempurung kelapa	0,5	5	1: 10	60	100

Berdasarkan Tabel 4.4 didapat perbandingan massa dengan Pb terserap paling tinggi ke terendah yaitu, 1:37,88, 1:10, 1:9,292 dan 1:0,014. Perbandingan dengan nilai tertinggi yaitu dengan nilai Pb terserap sebesar 151,52 ppm menghasilkan persentase adsorpsi 60,608%. Namun kekurangannya adalah tidak disebutkannya waktu kontak yang digunakan sehingga hal ini bertentangan dengan Masitoh dan Sianita (2013) yang mana waktu kontak merupakan faktor penting dalam adsorpsi. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi berbeda beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Untuk hasil adsorpsi terendah yaitu 72,7% juga tidak menyebutkan waktu kontak yang digunakan sehingga didapat Tabel 4.5 untuk melihat hasil terbaik dari analisis efektivitas karbon aktif dari bahan tempurung kelapa.

Tabel 4.5 Analisis Efektivitas Karbon aktif Tempurung Kelapa

Bahan Karbon Aktif	Massa karbon aktif (gr)	Pb terserap (ppm)	Massa: Pb terserap	Aktivator pH	Waktu Kontak (menit)	Adsorpsi Timbal (%)
Tempurung kelapa	1	9,292	1: 9,292	7 H ₃ PO ₄	40	92,92
Tempurung kelapa	0,5	5	1: 10	7 Na ₂ CO ₃	60	100

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa karbon aktif dari bahan yang sama namun memiliki nilai adsorpsi yang berbeda. Ada faktor yang

mempengaruhi adsorpsi yaitu aktivator, pH (pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi), dan waktu kontak (penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan) (Lempang, 2013). pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi (Syauqiah dkk, 2011). Hasil dalam tabel menunjukkan bahwa kedua-duanya menggunakan pH 7 dimana hal ini sesuai dengan Wijaya dan Ita, (2015) yang menyatakan adsorpsi ion $+$ mengalami peningkatan pada pH 7 hingga 13. Hal ini dikarenakan berkurangnya kompetisi diantara proton (H^+) dan ion logam bermuatan positif (Pb^{2+}) di permukaan karbon aktif yang menghasilkan tolakan rendah terhadap ion Pb^{2+} , sehingga ion logam dapat dengan mudah terjerap dalam karbon aktif.

Menurut Verayana dkk, (2018), aktivator berfungsi dalam membuka pori karbon, sehingga dapat memperluas permukaan absorpsi karbon aktif tersebut.

Semakin besar pori-pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah.

Menurut Syauqiah dkk (2011), semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Untuk aktivator pada hasil adsorpsi 100% yaitu aktivator Na_2CO_3 yang mana jika ditinjau dari karakteristiknya Na_2CO_3 adalah golongan garam yang berbahan lunak yang larut dalam air dingin dan kelarutan dalam air kira-kira 30% berat larutan memiliki bentuk fisik serbuk putih, Ukuran : 90 – 150 mm, tidak larut dalam alkohol dan eter, tidak mudah terbakar.

Na_2CO_3 juga larut sempurna dalam air dan dapat menurunkan kadar logam.

Penggunaan aktivator Na_2CO_3 mampu memperluas poripori karbon yang dapat meningkatkan daya serap dalam proses adsorpsi ion logam, mudah didapat dan dijual bebas dengan harga Rp.133.000-478.000 per kilogram (Yudistira, 2012).

Disisi lain aktivator H_3PO_4 dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki mikropori maksimum pada kondisi operasi suhu $<450\text{ }^\circ\text{C}$. Asam Posfat (H_3PO_4)

di pilih sebagai aktivator karena asam pospat tidak mencemari lingkungan dan proses penetralan produk karbon aktif yang mudah yaitu hanya dengan pencucian menggunakan air (Foo dan Lee, 2010). Asam Posfat (H_3PO_4) memiliki

sifat-sifat seperti titik didih $158\text{ }^\circ\text{C}$, densitas $1,71\text{ g/cm}^3$, pH $<0,5$, titik lebur $21\text{ }^\circ\text{C}$, tekanan uap 2 hPa , viskositas kinematic $30,5\text{ mm}^2/\text{s}$, dapat korosi dengan

logam, serta menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata (Merck, 2018),

sedangkan harga dari H_3PO_4 yaitu Rp. 32.000-35.000 per kilogram, maka jauh lebih ekonomis dibandingkan Na_2CO_3 (Esterlita dan Netti., 2015).

Berdasarkan waktu kontak yaitu 40 menit dan 60 menit. Waktu 40 menit dengan pemberian 1 gram karbon aktif dapat mengadsorpsi logam timbal sebanyak 92,92%, sedangkan dalam waktu 60 menit dengan pemberian 1 gram karbon aktif dapat mengadsorpsi sebanyak 100%. Sehingga waktu yang efisien dalam adsorpsi logam timbal yaitu 40 menit karena waktu yang dibutuhkan lebih singkat dan efektivitas karbon aktif yang didapat juga tinggi yaitu 92,92% yang mana adsorpsi per menit mencapai 0,24 ppm, sedangkan dengan waktu 60 menit hanya mampu mengadsorpsi 0,16 ppm per menit. Waktu kontak merupakan parameter penting dalam proses adsorpsi karena saling berkaitan dengan laju adsorpsi yang dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi terhadap waktu. Variasi waktu kontak yang dilakukan untuk menunjukkan waktu yang dibutuhkan sehingga mencapai kesetimbangan pada proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Hasil analisis menunjukkan waktu kontak yang baik untuk mencapai efektivitas adsorpsi logam timbal yang maksimal yaitu selama 60 menit. Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu arang aktif sudah mencapai batas maksimum penyerapan adsorbat (Anwar, et al., 2010). dan peningkatan kapasitas adsorpsi ini terjadi karena jumlah sisi aktif (Said, A., et al., 2014).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan efektivitas karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal (telaah studi literatur), maka diperoleh kesimpulan terdapat 22 literatur yang membahas tentang karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal yang terdiri dari 16 jurnal berbahasa Indonesia dan 6 jurnal berbahasa Inggris. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah agroindustri yaitu, ampas tebu, biji asam Jawa, cangkang kelapa sawit, cangkang buah karet, cangkang hazelnut, cangkang telur, cangkang walnut Cina, kulit biji lotus, kulit manggis, kulit pisang, kulit singkong, tempurung kelapa dan tongkol jagung. Pengaplikasian terbanyak yaitu menggunakan limbah tempurung kelapa. Tempurung kelapa juga memiliki presentase adsorpsi tertinggi jika dilihat dari nilai persentasenya yaitu 100%.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan efektivitas karbon aktif dari limbah agroindustri untuk adsorpsi logam timbal (telaah studi literatur), maka direkomendasikan untuk pembuatan karbon aktif yang akan dikomersilkan yaitu dengan penggunaan bahan tempurung kelapa karena hanya memiliki harga beli bahan baku sebesar Rp.700/kg dan ketersediaan bahan juga melimpah yaitu 150.276 ton/tahun sehingga dapat menjaga kestabilan produksi. Untuk aktivator yang direkomendasikan yaitu aktivator H_3PO_4 karena lebih ramah lingkungan serta memiliki range harga Rp. 32.000-35.000 per kilogram. Waktu kontak yang direkomendasikan yaitu 40 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, Rosihan, dan Husaini. 2017. **Logam Berat Sekitar Manusia**. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin
- Alfiandy, H., B. Syaiful, dan Nurakhirawan. 2013. **Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Absorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam**. *Jurnal Natural Science*. 2 (3): 75-86
- Anwar, J., Shafique, E., Zaman, W. U., Salman, Mu., Dar, A. dan Anwar, S. 2010. **Removal Pb(II) And Cd(II) From Water By Biosorption On Peel Of Banana**. *Institute Of Chemistry*. 101(6) : 1752-1755
- Anwar, J., Shafique, E., Zaman, W. U., Salman, Mu., Dar, A. dan Anwar, S. 2010. **Removal Pb(II) And Cd(II) From Water By Biosorption On Peel Of Banana**. *Journal Of Chemistry*. 101(6) : 1752-1755
- APCC. 2007. **Coconut Statistical Yearbook**. Jakarta: APCC
- Ardiyanto, P dan Maria, G.C.Y. 2016. **Analisis Limbah Laundry Informal dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan di Kelurahan Muktiharjo Kidul Kecamatan Pendurungan Semarang**. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(1): 1-12
- Arsad, E dan Saibatul H. 2010. **Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri**. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 2(2): 43-51
- Asano, N., J. Nishimura, K. Nisnimiya, T. Hata, Y. Imamura, S. Ishihara, B.Tomita. 1999. **Formaldehyde Reduction in Indoor Enviroments by Wood Charcoals**. *Wood Researsch*. 86
- Asrijal, A., Chadijah, S., & Aisyah, A. 2014. **Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal**. *Al-Kimia*. 2(1): 33-44
- Austin, G.T. 1984. **Shreve's Chemical Process Industry**. Fifth Edition. McGraw-Hill Book Company. New York : 136-138
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. **Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Makanan**. SNI 7387. Hal 4, 13, 20
- Barquist, K., & S.C. Larsen. 2010. **Chromate Adsorption on Bifunctional, Magnetic Zeolite Composites**. *Microporous and Mesoporous Materials Journal*. (130): 197-202
- Bryan, S. A., and L. R. Pederson. 1994. **Composition, Preparation, and Gas Generation Results from Simulated Vhstes of Tank 241-SY-101**. PNL-10075, Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington.
- Cavalli-Sforza LL, Menozzi P, Piazza A. 1993. **Demic Expansions and Human Evolution**. *Science* 259:639-646.
- Cheremisinoff, N. P. 1993. **Carbon Adsorption of Pollutant Control**. John Willey & Sons. Canada
- Ciner, D.O., R.Tipirdamaz. 2002. **The effects of cold treatment and charcoal on the in vitro androgenesis of Pepper (Capsicum annuum L.)**. *Turk Journal of Botany* 26:131-139
- Danarto, YC dan Samun. T. 2008. **Pengaruh Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi Pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI)**. *EKUILIBRIUM*. 7(1): 13-16
- Darmaji, P. 2002. **Optimasi proses pembuatan tepung asap**. *Agritech. Fakultas Teknologi Pertanian*. UGM. Yogyakarta. 22(4): 174-175
- Effendi, Hefni. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius
- Esterlita, Marina Olivia, dan Netti Herlina. 2015. **Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari**

- Pelepah Aren (Arenga pinata).** Jurnal Teknik Kimia Universita Sumatera Utara 4 (1)
- Fauzi, T.M. 2008. **Pengaruh Pemberian Timbal Asetat Dan Vitamin C Terhadap Kadar Malondialdehyde Dan Kualitas Spermatozoa Di Dalam Sekresi Epididimis Mencit Albino (Mus Muculus L) Starin BALB/C.** *Tehsis.* Universitas Sumatra Utara: Medan
- Foo, P. Y. L. dan L.Y Lee. 2012. **Preparation of Activated Carbon from Parkia speciosa Pod by Chemical Activation.** Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2.
- Francis C. & Baldesari. 2006. **Systematic Reviews of Qualitative Literature.** Oxford: UK Cochrane Centre
- Gani, A. 2007. **Konversi Sampah Organik Pasar Menjadi Komarasca (Kompos-Arang-Arang Aktif-Asap Cair) dan Aplikasinya pada Tanaman Daun Dewa.** Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- Ge, Y, Huang, X, Wang, S, Zhang, X and Xu, Y 2004. **Phenazine-1-Carboxylic Acid Is Negatively Regulated and Pyoluteorin Positively Regulated by gacA in Pseudomonas sp. M18.** *FEMS Microbiol Lett.* 237:41–47
- Gultom, E. Mulyna., M.T. Lubis. 2014. **Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H3PO4 untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb.** Jurnal Teknik Kimia USU. 3(1): 5-10
- Gumelar, D., Yusuf, H., dan Rini, Y. 2014. **Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (Eichornia crossipes) pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry.** *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem,* 3(1): 15-23
- Guo, J., Y. Luo, A.C. Lua, R.A. Chi, Y.L. Chen, X.T. Bao, S.X. Xiang. 2007, **Adsorption of Hydrogen Sulphide (H2S) By Activated Carbons Derived From Oil-Palm Shell.** *Carbon* 45:330-336
- Gusmailina, G. Pari, S. Komarayati. 2000. **The Utilization Technology on Charcoal as a Soil Conditioning [Project Report].** Forest Products Research Centre. Bogor
- Haji, A. G., Pari, G., Nazar, M., dan Habibati. 2013. **Characterization of Activated Carbon Produced from Urban Organic Waste.** *J. Science.* 5(2): 89-94
- Hariyono, Romli, L. Y. dan Indrawati, U. 2020. **Buku Pedoman Penyusunan Literature Review.** Jombang
- Harris, P. 1999. **On charcoal.** *Interdisciplinary Science Review* 24(4):301-306
- Hartanto, Singgih dan Ratnawati. 2010. **Pembuatan Karbon aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia.** *Jurnal Sains Materi Indonesia.* 12(1): 12 –16
- Hassler, J.W. 1974. **Purification With Activated Carbon: Industrial Commercial, Environmental.** Chemical Publishing Co. Inc. New York
- Hofer AM, Machen TE. 1993. **Technique For In Situ Measurement Of Calcium In Intracellular Insp₃-Sensitive Stores Using The Fluorescent Indicator Mag-Fura-2.** *Proc Natl Acad Sci USA.* 90:2598–2602.
- Huang, X., Yang H., Zhong P., Wentian X., Weihua Z., Xin Z. 2019. **Tailored High Mesoporous Activated Carbons Derived from Lotus Seed Shell Using One-Step ZnCl₂-Activated Method With Its High Pb(II) Capturing Capacity.** *Environmental Science and Pollution Research* 26(3):517–528
- Irawan, C., Anisa P, Norhasanah. 2019. **Adsorpsi Logam Timbal secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit.** *Jurnal Teknologi Rekayasa.* 4 (2) :267-276
- Irawati, Y. 2013. **Metode Pendidikan Karakter Islami Terhadap Anak Menurut Abdullah Nasih Ulwan dalam Buku Pendidikan Anak dalam**

- Islam dan Relevansinya dengan Tujuan Pendidikan Nasional. Skripsi. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Iriani, P., dan Ari, H. 2014. **Pemurnian Biogas melalui Kolom Beradsorben Karbon Aktif**. J. Sigma-Mu. 6(2): 36-4
- Irnameria D. 2020. **Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Durian Pada Suhu Karbonisasi 300 °C Menggunakan Zat Aktivator Natrium Hidroksida Dan Asam Sulfat**. *Journal of Nursing and Public Health*. 8(1): 23-28
- Irwandi, R., Silvia Reni Yenti, Chairul. 2015. **Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Pb**. JOM FTEKNIK Vol.2 (2)
- Jalip & Yeremiah. 2017. **Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH pada Arang Aktif Kulit Pisang Kepok untuk Adsorpsi Logam Timbal (Pb²⁺)**. Prosiding Seminar Nasional 2016
- Jamilatun, Siti., dan Martono Setyawan. 2014. **Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair**. Spektrum Industri. 12(1): 1-112
- Jayanti, S., Ni Ketut Sumarni, Musafira. 2015. **Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica Linn.*) Menggunakan Aktivator H₃PO₄ pada Penyerapan Logam Timbal**. KOVALEN, Vol.1(1) :13-19
- Kadirvelu K, Thamaraiselvi K, Namasivayam C. 2001. **Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Waters by adsorption on to Activated carbon Preparad from an Agriculture Solid Waste**. *Bioresource Tech* 76: 63-65
- Kienle, H.V. 1986. **Carbon di dalam: F.T. Campbell, R. Pfefferkom and J.F. Rounsaville (Penyunting). Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th Completely Resived Edition, Volume 5. Cancer Chemotherapy to Ceramics Colorants**. VCH, Weinheim
- Kitchenham, B. 2004. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Eversleigh: Keele University
- Kongsune, P., SupapornR, Rungroj C. 2021. **The Removal of Pb²⁺ from Aqueous Solution Using Mangosteen Peel Activated Carbon: Isotherm, Kinetic, Thermodynamic and Binding Energy Calculation**. Elsevier: *Groundwater for Sustainable Development*. 12 (2021) :100524
- Kurniati, Elly. 2010. **Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit. Sebagai Arang Aktif**. *Jurnal Ilmu Teknik* 8(2): 96–103
- Kurniawan, R., Lutfi, M., Agus, W.N. 2014. **Karakterisasi Luas Permukaan BET (*Braunear, Emmelt dan Teller*) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H₃PO₄)**. *Jurnal Keteknikan Pertanian* : Malang
- Kyotani, T. 2000. **Control of Pore Structure In Carbon**. *Carbon* 38:269-286
- Landiana, E. Laos., dan Arkilaus, Selan. 2016. **Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif**. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. 1(1): 32-36.
- Larasati, A. I., Susanawati, L. D dan Suharto, B. 2015. **Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu**. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 44-48
- Lempang, M. 2014. **Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif**. *Info Teknis Eboni* Vol. 11(2), :65-80
- Lempang, M. dan H. Tikupadang. 2013. **Aplikasi Arang Aktif Tempurung Kemiri Sebagai Komponen Media Tumbuh Semai Melina**. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 2 (2): 121-137

- Manocha, S. 2003. *Porous Carbon*. Sadhana 28 (1-2): 335-348
- Masitoh F.Y. dan Sianita B.M.M. 2013. **Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) dalam Pelarut Air**. *Unesa Journal of Chemistry*. 2(2): 23-27
- Masitoh, Y.F. & B. M. M Sianita. 2013. **Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai Pengganti Adsorben Logam Berat CD (II) dalam Pelarut Air**. *Journal of Chemistry*. 2(2): 23-28
- Masthura, & Zulkarnain. 2018. **Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dan Kayu Bakau**. *elkawanie: Journal Of Islamic Science And Technology*. 4(1) 45-54
- Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M Dan Ayabe, M. 2007. **Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel**. 86: 264-272
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). **Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi secara Fisika, Kimia dan Fisika-kimia**, 2(1): 46–51.
- Miller, L.C., L.B. McCarty. 2002. **Activated Charcoal for Pesticide Deactivation**. <http://www.sodsolutions.com/turffmgt/charcoal.htm> [10 Maret 2008]
- Misfadhila, S., Zikra A., Rusdi1, C. D. P. C. 2018. **Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif sebagai Adsorben Logam Timbal**. *Jurnal Farmasi Higea* Vol. 10 (2): 126-133
- Mulyono, P., dan Kusuma, W. M. 2010. **Kinetika Adsorpsi Phenol Dalam Air Dengan Arang Tempurung Kelapa**. *J. Teknik*. 33(2):103-110
- Muna SM, A.N. 2011. **Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang Sebagai Adsorben untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) pada air Limbah Industri**. Semarang. Fakultas Universitas Negeri Semarang
- Mungray, A.K. and Kumar, P. 2009. **Tracing Anionic Surfactants Through Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket Based Sewage Treatment Plants: Mass Balance**. *Process Safety and Environmental Protection*. 87 (4):254-260
- Murtono, J., & Iriany. 2017. **Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet dengan Aktivator H₃PO₄ dan Aplikasinya sebagai Penjerap Pb(II)**. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 6 (1) : 43-48
- Muthschler, E. 1986. **Dinamika Obat**. ITB, Bandung. Edisi kelima. Terjemahan Mathilda BW, Anna SR. Penerbit ITB, Bandung. Hlm. 542; 729-731
- Nakamura, A., K. Sugawara, S. Nakajima, & K. Murakami. 2017. **Adsorption of Cs Ions using a Temperature-Responsive Polymer/Magnetite/Zelite Composite Adsorbent and Separation of the Adsorbent from Water using High-gradient Magnetic Separation**. *Colloids and Surfaces Physicochemical Engineering Aspect*. 8(17): 1-41
- Nischwitz, C., M. Olsen, S. Rasmussen. 2002. **Influence Of Salinity And Root Rot Nematode As Stress Factors in Charcoal Rot on Melon**. http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az_292.pdf. [23 Januari 2008]
- Notoatmodjo, S. 2010. **Metodologi Penelitian Kesehatan**. Jakarta : Rineka Cipta
- Nustini, Y. dan Allwar A. 2019. **Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Menjadi Arang Tempurung Kelapa dan Granular Karbon Aktif Guna Meningkatkan Kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo**. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 4(3): 217-226

- O'Connell, D.W., Brikshaw, C. & O'Dwyer, T. F. (2008). **Heavy Metal Adsorbents Prepared From The Modification Of Cellulose**. Journal Bioresource Technology. 99(6711): 6709-6724
- Owamah, H.I. 2014. **Biosorptive Removal Of Pb(II) and Cu(II) from Wastewater Using Activated Carbon from Cassava Peels**. J Mater Cycles Waste Manag Vol. 16 :347-358
- Pambayun, G. S., Remigius, Y. E. Y., Rachimoallah, M., dan Endah, M. M. P. 2013. **Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ Dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah**. J. Teknik Pomits. 2(1): 116-120
- Pasorong, Mery B, Haripurnomo K, Nawi Ng, Vitalis P. 2007. **Hubungan antara Kadar Plumbum (Pb) dan Hipertensi pada Polisi Lalu Lintas di Kota Manado**. Berita Kedokteran Masyarakat. 23(2)
- Patracia, D., Anita D. M, Rahayu S. P. 2019. **Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dalam Mengikat Logam Berat Timbal**. Jurnal Berkala Kesehatan. 5 (1) : 18-22
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72. 2013. **Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya**
- Perry, A. & Hammond, N. 2002. **Systematic Review: The Experience of a PhD Student**. Psychology Learning and Teaching, 2(1): 32-35
- Perry, Hammond. 2002. **Systematic Reviews: The Experiences Of A PhD Student. Department Of Psychology. University Of York Psychology Learning And Teaching**. 2(1): 32-35
- Polii, F. F. 2017. **Pengaruh Suhu Dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa**. Jurnal Industri Hasil Perkebunan. 12(2): 21-28
- Purnama, P.E., Dewi, I. dan Ratnayani, K. 2015. **Kapasitas Adsorpsi Beberapa Jenis Kulit Pisang Teraktivasi NaOH Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)**. Jurnal Kimia. 9(2): 192-202
- Purwanto Djoko. 2011. **Arang Dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit**. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 29(1): 57-66
- Purwoto, S., & W. Nugroho. 2013. **Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif**. Journal of Chemical Science. 11(1): 1-8
- Puspitaloka, J.A., Nur E. W., Budiyo. 2018. **Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif Tempurung Kelapa dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Larutan Pestisida Mengandung Timba**. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 6 (6) : 189-196
- Putrianda, D.C., Leonita Y, dan Herawati B. 2019. **Aktivasi Karbon Aktif Kulit Singkong dengan Aktivator NaCl, ZnCl₂, dan Na₂CO₃ untuk Adsorben Pb²⁺**. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif 2019
- Rahmadani, N. dan Puji, K. 2017. **Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas**. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya. 154-161
- Ramirez, A. P., Giraldo, S., Ulloa, M., Florez, E., dan Acelas, N. Y. 2017. **Production and Characterization of Activated Carbon From Wood Wastes**. Journal of Physics. Series 935: 1-6
- Renau, F., Oberhansli, F., Tesyssi, J.-L., Miramand, P., dan Temara, A. 2011. **Sorption-desorption Kinetics and toxic cell Concentration in Marine Phytoplankton**. Marine Pollution Bulletin. 924-947
- Rengga, Wara Dyah Pita, dkk. 2019. **Kesetimbangan Adsorpsi Isotermal Logam Pb dan Cr Pada Limbah Batik Menggunakan Adsorben Tongkol Jagung (Zea mays)**. Universitas Negeri Semarang, Semarang.

- Rumidatul, Alfi. 2006. **Efektivitas Arang Aktif sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah**. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sahara, E., Dahliani, N.K., Manuaba, I.B.P. 2017. **Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes Erecta*) Dengan Aktivator NaOH**. Jurnal Kimia. 11(2): 174 – 180
- Said, H., Supwatul, H. dan Yuli, R. 2014. **The Effect of Contact Time and pH on Methylene Blue Removal by Volcanic Ash. Kuala Lumpur**: Int'l Conference on Chemical, Biological, and Environmental Sciences (ICCBES'14). 4(1): 11-13
- Said, H., Supwatul, H. dan Yuli, R. 2014. **The Effect of Contact Time and pH on Methylene Blue Removal by Volcanic Ash. Kuala Lumpur**. Conference on Chemical, Biological, and Environmental Sciences (ICCBES'14). 4(1) : 11-13.
- Sanjaya, A.S., dan Rizcy P. A. 2015. **Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang**. Konversi Vol. 4 (1) :17–24
- Santi, Devi Nuraini. 2013. **Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) Serta Penanggulangannya**. Jurnal Kedokteran
- Santoso, A. dan G. Pari, 2012. **Pengaruh Arang Aktif dalam Campuran Bahan Baku Terhadap Karakteristik Papan Partikel**. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 30 (3): 235-242
- Savitri. 2007. **Pengolahan Limbah Deterjen Sintetik dengan Trickling Filter**. [Makalah Penelitian] <http://eprints.undip.ac.id>, [diakses 4 Februari 2019].
- Sencan, A. Mustafa K., Mehmet K. 2015. **Determination of Lead(II) Sorption Capacity of Hazelnut Shell and Activated Carbon Obtained From Hazelnut Shell Activated with ZnCl₂**. Environ SciPollut Res. Vol. 22:3238–3248
- Silaban, D.P. 2018. **Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu danPb**. Jurnal Dinamika Penelitian Industri. Vol. 29 (2) :119-127
- Siregar, Y. D. I., Rudi, H., Adi, R., Tri, H. L., dan Nurlela. 2015. **Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika**. J. Penelitian dan Pembangunan Ilmu Kimia. 1(2): 103-116
- Sivakumar, B., Kannan, C., dan Karthikeyan, S. 2012. **Preparation and Characterization of Activated Carbon Prepared From Balsamodendron caudatum Wood Waste Through Various Activation Processes**. Rasayan Journal Chemistry. 5(3): 321–327
- SNI 06-3730-1995. **Arang Aktif Teknis**. BSN.
- Song, C., Shuaihua Wu, Murong Cheng, Ping Tao, Mihua Shao and Guangrui Gao. 2014. **Adsorption Studies of Coconut Shell Carbons Prepared by KOH Activation for Removal of Lead(II) From Aqueous Solutions**. Sustainability Vol.6 : 86-98
- Sopiah, N. 2010. **Pengelolaan Limbah Deterjen sebagai Upaya Minimalisasi Polutan di Badan Air dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan**. J. LIPI
- Suhendra, D. dan Gunawan, E. R. 2010. **Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II)**. J.Sains. 14(1): 22-26
- Sukardjo. 1989. **Kimia Fisika**. Yogyakarta. Rineka Cipta. 190
- Suksmeri. 2008. **Dampak Pencemaran Logam Timah Hitam (Pb) Terhadap Kesehatan**. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Andalas. Padang

- Suparwoko & Firdaus F. 2007. **Profil Pencemaran Udara Kawasan Perkotaan Yogyakarta. Studi Kasus di Kawasan Malioboro, Kridosono, dan UGM Yogyakarta.** LOGIKA. Vol. 4(2)
- Sutardi. 2005. **Sintesis Magnetit (Fe_3O_4) dan Kajian Kelayakannya untuk Mengadsorp Hg(II) dalam Larutan.** Skripsi. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM
- Sutardi. 2005. **Sintesis Magnetit dan Kajian Kelayakannya untuk Mengadsorp Hg(II) dalam Larutan.** Skripsi S-1 Jurusan Kimia. Yogyakarta: Fakultas MIPA UGM
- Syauqiah, I., Mayang, A., dan Hetty, A. K. 2011. **Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif.** J. Info Teknik. 12(1): 11-20
- Sylvia, N., Anisma F., Meriatna, Rozanna D., dan Wusnah. 2017. **Adsorpsi Pb^{2+} (Timbal) Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kernel Kelapa Sawit pada *Single Bed Column* dan *Double Bed Column*.** Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol.1 (1)
- Tangio, S.J., 2013. **Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*).** Jurnal Entropi. 8(1)
- Udyani, K., Prasetyo, I., Mulyono, P., dan Yuliani, H. R. 2010. **Pengaruh OH/Fe pada Pembuatan Ampo terpillar Besi Oksida Terhadap Penyerapan Deterjen dalam Air.** *Prosding Seminar Nasional Teknik Kimia: Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.* Yogyakarta. 26 Januari 2010
- Venhuis, S.H., dan Mehrvar, M. 2004. **Health effects, Environmental Impacts and Photochemical Degradation of Selected Surfactants in Water.** *International Journal of Photoenergy* 6:115-125
- Verayana, Mardjan P., Hendri I. 2018. **Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb).** Jurnal Entropi Vol. 13 (1) :67-75
- Viobeth, Bunga Rulita, dkk. 2013. **Fitoremediasi limbah mengandung timbal (Pb) dan nikel (Ni) menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*).** Universitas Diponegoro
- Wahono R. S. 2015. **A Systematic Literature Review of Software Defect Prediction: Research Trends, Datasets, Methods and Frameworks.** Journal of Software Engineering. 1(1)
- Weil, R.R., K.R. Islam, M.A. Stine, J.B. Gruver, S.E. Susan-Liebeg. 2003. **Estimating Active Carbon For Soil Quality Assessment: A Simplified Method for Laboratory and Field Use.** *American Journal of Alternative Agriculture.* 18(1):3-17
- Wijaya, Vella Carella dan Ita Ulfin. 2015. **Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd^{2+} dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*).** Jurnal Sains dan Seni ITS. 4(2)
- Yi, Z., Jun Yao, Yun-fei K., Hui-lun C, Fei W & Zhi-min Y. 2015. **Removal of Pb(II) by Adsorption Onto Chinese Walnut Shell Activated Carbon.** *Water Science & Technology.* Vol. 72 (6) : 983-989
- Yudistira, B. 2012. **Mengenal Kromium dan Bahayanya Bagi Kesehatan.** Jurnal Kesehatan Lingkungan. 1(1): 49–53
- Yudo, S. 2006. **Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai.** JAI
- Yunita, A. I., Triastuti S., Nuni, W. 2019. **Karakterisasi dan Uji Sifat Fisik Material Zeolit Modifikasi Magnetit sebagai Adsorben Ion Klorida dalam Larutan Berair.** *Indonesian Journal of Chemical Science.* 8(2): 87-92

LAMPIRAN

1. Daftar Referensi Telaah Literatur

- Alfiandy, H., B. Syaiful, dan Nurakhirawan. 2013. **Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam**. Jurnal *Natural Science*. 2 (3): 75-86
- Asrijal, A., Chadijah, S., & Aisyah, A. 2014. **Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal**. Al-Kimia. 2(1): 33-44
- Gultom, E. Mulyana., M.T. Lubis. 2014. **Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb**. Jurnal Teknik Kimia USU. 3(1): 5-10
- Huang, X., Yang H., Zhong P., Wentian X., Weihua Z., Xin Z. 2019. **Tailored High Mesoporous Activated Carbons Derived from Lotus Seed Shell Using One-Step ZnCl₂-Activated Method With Its High Pb(II) Capturing Capacity**. *Environmental Science and Pollution Research* 26(3):517–528
- Irawan, C., Anisa P, Norhasanah. 2019. **Adsorpsi Logam Timbal secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit**. Jurnal Teknologi Rekayasa. 4 (2) :267-276
- Irwandi, R., Silvia Reni Yenti, Chairul. 2015. **Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Pb**. JOM FTEKNIK Vol.2 (2)
- Jalip & Yeremiah. 2017. **Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH pada Arang Aktif Kulit Pisang Kepok untuk Adsorpsi Logam Timbal (Pb²⁺)**. Prosiding Seminar Nasional 2016
- Jayanti, S., Ni Ketut Sumarni, Musafira. 2015. **Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica Linn.*) Menggunakan Aktivator H₃PO₄ pada Penyerapan Logam Timbal**. KOVALEN, Vol.1(1) :13-19
- Kongsune, P., SupapornR, Rungroj C. 2021. **The Removal of Pb²⁺ from Aqueous Solution Using Mangosteen Peel Activated Carbon: Isotherm, Kinetic, Thermodynamic and Binding Energy Calculation**. Elsevier: *Groundwater for Sustainable Development*. 12 (2021) :100524
- Misfadhila, S., Zikra A., Rusdi1, C. D. P. C. 2018. **Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif sebagai Adsorben Logam Timbal**. Jurnal Farmasi Higea Vol. 10 (2): 126-133
- Murtono, J., & Iriany. 2017. **Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet dengan Aktivator H₃PO₄ dan Aplikasinya sebagai Penjerap Pb(II)**. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 6 (1) : 43-48
- Owamah, H.I. 2014. **Biosorptive Removal Of Pb(II) and Cu(II) from Wastewater Using Activated Carbon from Cassava Peels**. J Mater Cycles Waste Manag Vol. 16 :347–358
- Patracia, D., Anita D. M, Rahayu S. P. 2019. **Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dalam Mengikat Logam Berat Timbal**. Jurnal Berkala Kesehatan. 5 (1) : 18-22
- Puspitaloka, J.A., Nur E. W., Budiyo. 2018. **Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif Tempurung Kelapa dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Larutan Pestisida Mengandung Timba**. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 6 (6) : 189-196
- Putrianda, D.C., Leonita Y, dan Herawati B. 2019. **Aktivasi Karbon Aktif Kulit Singkong dengan Aktivator NaCl, ZnCl₂, dan Na₂CO₃ untuk Adsorben Pb²⁺**. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif 2019

- Sanjaya, A.S., dan Rizcy P. A. 2015. **Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang**. *Konversi* Vol. 4 (1) :17–24
- Sencan, A. Mustafa K.; Mehmet K. 2015. **Determination of Lead(II) Sorption Capacity of Hazelnut Shell and Activated Carbon Obtained From Hazelnut Shell Activated with ZnCl₂**. *Environ SciPollut Res* Vol. 22:3238–3248
- Silaban, D.P. 2018. **Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu danPb**. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. Vol. 29 (2) :119-127
- Song, C., Shuaihua Wu, Murong Cheng, Ping Tao, Mihua Shao and Guangrui Gao. 2014. **Adsorption Studies of Coconut Shell Carbons Prepared by KOH Activation for Removal of Lead(II) From Aqueous Solutions**. *Sustainability* Vol.6 : 86-98
- Sylvia, N., Anisma F., Meriatna, Rozanna D., dan Wusnah. 2017. **Adsorpsi Pb²⁺ (Timbal) Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kernel Kelapa Sawit pada Single Bed Column dan Double Bed Column**. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* Vol.1 (1)
- Verayana, Mardjan P., Hendri I. 2018. **Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada LogamTimbal (Pb)**. *Jurnal Entropi* Vol. 13 (1) :67-75
- Yi, Z., Jun Yao, Yun-fei K., Hui-lun C, Fei W & Zhi-min Y. 2015. **Removal of Pb(II) by Adsorption Onto Chinese Walnut Shell Activated Carbon**. *Water Science & Technology*. Vol. 72 (6) : 983-989

2. Screenshot Pencarian Literatur

The screenshot shows a ProQuest search results page. The search query is "activated carbon lead adsorption", resulting in 22,056 results. The page is filtered to show "Scholarly Journals". Two results are visible:

- Removal of Lead (II) Ions from Aqueous Solutions onto Activated Carbon Derived from Waste Biomass**
 Erdem, Murat; Ucar, Suat; Karagöz, Selhan; Tay, Turgay. *The Scientific World Journal*; Cairo Vol. 2013. (2013).
 ...for the preparation of the activated carbon. The adsorption of lead (II) ions... Kinetic parameters for the adsorption of lead (II) ions onto the activated...
 ...2, for the adsorption of lead (II) ions onto the activated carbon (SAC2...
 Abstract/Details Full text Full text - PDF (1 MB) Cited by (3) References (25) Show Abstract
- Adsorption Phenomenon of Arundinaria alpina Stem-Based Activated Carbon for the Removal of Lead from Aqueous Solution**
 Asrat, Yosef; Adugna, Amare Tiruneh; Kamaraj, M; Surafel Mustafa Beyan. *Journal of Chemistry*; New York Vol. 2021. (2021).
 ...those methods, adsorption using agrobased activated carbon is widely used due to...
 ...lead to the branching micropores in the interiors of the activated carbon [25]...
 ...significantly to enhance the adsorption efficiency of the activated carbon...

Universitas Brawijaya x ProQuest Search Results - ProQuest x ScienceDirect.com | Science, hea... x

Not secure | proquest.com.ub.remotexs.co/results/DB7FE7783F64AEDPQ/1?accountid=46437

ProQuest
Access provided by UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Basic Search Advanced Search Publications Browse Databases (6)

activated carbon pb adsorption

7,287 results

Applied filters
Clear all filters
Scholarly Journals x

Sorted by
Relevance

Limit to
 Full text
 Peer reviewed

Source type

Select 1-20

1 **Adsorption of heavy metal ions using activated carbon derived from Eichhornia (water hyacinth)** Full Text
Salman, Sami D, Rasheed, Israa M, Mohammed, Alaa K.
IOP Conference Series. Earth and Environmental Science; Bristol Vol. 779, Iss. 1, (Jun 2021).
... and lead ion (Pb²⁺) from aqueous solution onto Eichhornia (water hyacinth).
...2) as the activating agents were investigated. The Eichhornia **activated carbon** ...
...carbon (EAC) by physicochemical activation...

2 **Microwave-assisted preparation of manganese dioxide modified activated carbon for adsorption of lead ions** Full Text
Heng, Yan, Hu, Wenhai, Cheng, Song, Xia, Hongying, Chen, Quan, et al.
Water Science and Technology; London Vol. 82, Iss. 1, (Jul 2020): 170-184.
... Comparison of **Pb(II) adsorption** by three kinds of **activated carbon** ...
...7 depicts the maximum **adsorption** capacity of three kinds of **activated carbon** to ...
...improve the **adsorption** capacity of **activated carbon** to **Pb(II)**. Compared with the...

Universitas Brawijaya x ScienceDirect Search Results - K... x

Not secure | sciencedirect.com.ub.remotexs.co/search?q=activated%20carbon%20Pb%20adsorption

ScienceDirect Journals & Books Register Sign in You have institutional access

Find articles with these terms
activated carbon Pb adsorption

Advanced search

26,308 results

Set search alert

Refine by:
 Subscribed journals

Years
 2022 (24)
 2021 (3,088)
 2020 (2,719)
 2019 (2,184)
 2018 (1,684)
 2017 (1,491)
 2016 (1,226)
 2015 (1,007)
 2014 (886)
 2013 (847)
 2012 (672)

Download selected articles Export sorted by relevance | date

Research article Full text access
Pretreatment of lignocellulosic waste as a precursor for synthesis of high porous **activated carbon** and its application for **Pb(II)** and **Cr(VI)** adsorption from aqueous solutions
International Journal of Biological Macromolecules, 16 March 2021, ...
Seyyedah Maryam Kharazi, Mohsen Soleimani, ... Nourolfah Mirghaffari

Research article Full text access
Vatica rassak wood waste-derived **activated carbon** for effective **Pb(II) adsorption**: Kinetic, isotherm and reusability studies
Materials Today: Proceedings, 29 December 2020, ...
C. Q. Teong, H. D. Setiabudi, ... L. P. Teh

Get a personalized search experience
Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more.
Personalize

Universitas Brawijaya x ScienceDirect Search Results - K... x

Not secure | sciencedirect.com.ub.remotexs.co/search?q=activated%20carbon%20lead%20adsorption&articleTypes=FLA&lastSelectedFacet=articleTypes

ScienceDirect Journals & Books Register Sign in You have institutional access

Find articles with these terms
activated carbon lead adsorption

Advanced search

36,013 results

Set search alert

Refine by:
 Subscribed journals

Years
 2022 (57)
 2021 (7,958)
 2020 (8,025)
 2019 (6,540)
 2018 (5,590)
 2017 (4,957)
 2016 (4,132)
 2015 (3,622)
 2014 (3,131)
 2013 (2,779)
 2012 (2,342)

Download selected articles Export sorted by relevance | date

Research article Open access
Characterization of cobalt ferrite-supported **activated carbon** for removal of chromium and **lead** ions from tannery wastewater via **adsorption** equilibrium
Water Science and Engineering, September 2020, ...
Muibat Diekola Yahya, Kehinde Shola Obayomi, ... Adela Grace Olugbenga

Research article Full text access
The **adsorption** of cadmium and **lead** ions from the synthesis wastewater with the **activated carbon**: Optimization of the single and binary systems
Journal of Water Process Engineering, 22 January 2020, ...
Mohammad Kavand, Parisa Eslami, Laleh Rازه

Get a personalized search experience
Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more.
Personalize

Universitas Brawijaya x activated carbon lead adsorption x +

scholar.google.com/scholar?q=activated+carbon+lead+adsorption&hl=en&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2017&as_yhi=2021

Google Scholar activated carbon lead adsorption

Articles About 28,800 results (0.07 sec) My profile My library

Any time Since 2021 Since 2020 Since 2017 Custom range... Search

Sort by relevance Sort by date

Include patents Include citations Create alert

Mechanistic study of lead adsorption on activated carbon [PDF] osti.gov
 Q Shi, GF Stepien, Y Peng, B Zhang, M Wang - Langmuir, 2018 - ACS Publications
 Activated carbon (AC) is a carbonaceous material broadly applied in filters to remove lead (Pb (II)) from drinking water through adsorption. However, the chemical interactions between Pb (II) and the reactive sites on AC or other carbonaceous materials are not well understood ...
 ☆ Cited by 21 Related articles All 6 versions

Efficient adsorption of lead (II) from aqueous phase solutions using polypyrrole-based activated carbon [PDF] mdpi.com
 AA Alghamdi, AB Al-Dagayni, WS Saeed, A Al-Khatami - Materials, 2019 - mdpi.com
 In this study, polypyrrole-based activated carbon was prepared by the carbonization of polypyrrole at 650 °C for 2 h in the presence of four-times the mass of KOH as a chemical activator. The structural and morphological properties of the product (polypyrrole-based ...
 ☆ Cited by 66 Related articles All 13 versions

Equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies of lead ion and zinc ion adsorption from aqueous solution onto activated carbon prepared from palm oil mill effluent [PDF] covenantuniversity.edu.ng
 GA Adebisi, ZZ Chowdhury, PA Alaba - Journal of Cleaner Production, 2017 - Elsevier
 An efficient activated carbon was prepared using palm oil mill effluent as a precursor. The adsorption capacity of activated carbon for lead ion and zinc ion from aqueous media was investigated under equilibrium conditions between 303.15 and 353.15 K. The activated ...
 ☆ Cited by 141 Related articles All 9 versions

Efficient removal of hazardous lead, cadmium, and arsenic from aqueous environment by iron oxide modified clay-activated carbon composite beads
 RR Paway, M Kim, JG Kim, SM Hong, SY Sawant - Applied Clay, 2018 - Elsevier
 ... 1. Photograph of iron oxide modified clay-activated carbon composite dry beads ... amount of pollutants at various pHs were measured at the time of batch pH adsorption concentration

Universitas Brawijaya x activated carbon pb adsorption x +

scholar.google.com/scholar?q=activated+carbon+pb+adsorption&hl=en&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2011&as_yhi=2021

Google Scholar activated carbon pb adsorption

Articles About 21,800 results (0.08 sec) My profile My library

Any time Since 2021 Since 2020 Since 2017 Custom range... Search

Sort by relevance Sort by date

Include patents Include citations Create alert

Adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using activated carbon developed from Apricot stone [PDF] academia.edu
 LMouni, D Merabet, A Bouzaza, L Belkhir - Desalination, 2011 - Elsevier
 Low-cost activated carbon was prepared from Apricot stone material by chemical activation with sulphuric acid for the adsorption of Pb (II) from dilute aqueous solution. The activated carbon developed shows substantial capacity to adsorb Pb (II) from dilute aqueous ...
 ☆ Cited by 200 Related articles All 11 versions

[HTML] Adsorption batch studies on the removal of Pb (II) using maize tassel based activated carbon [HTML] hindawi.com
 M Moyo, L Chikazaza, BC Nyamunda, U Guyo - Journal of Chemistry, 2013 - hindawi.com
 The demand for clean water is on the increase as rapid industrialization is still contributing to pollution. Nowadays, as water is the basic need for mankind, efforts have gathered momentum to decontaminate it in order to address the acute shortage of clean and pure ...
 ☆ Cited by 75 Related articles All 10 versions

Pb (II) adsorption by a novel activated carbon alginate composite material. A kinetic and equilibrium study
 S Cataldo, A Gianguzza, D Milea, N Muratore - International journal of ..., 2016 - Elsevier
 The adsorption capacity of an activated carbon calcium alginate composite material (ACAA-Ca) has been tested with the aim of developing a new and more efficient adsorbent material to remove Pb (II) ion from aqueous solution. The study was carried out at pH=5, in ...
 ☆ Cited by 60 Related articles All 9 versions

[PDF] Activated carbon from molasses efficiency for Cr (VI), Pb (II) and Cu (II) adsorption: a mechanistic study [PDF] researchgate.net
 K Legrouni, E Khoyva, H Hannache, M El Harti - Chem. Int, 2017 - researchgate.net
 The increasing use of heavy metals in industrial activities has caused contamination of natural waters. For example, chromium, lead, cadmium and copper are found in wastewater

Universitas Brawijaya x karbon aktif adsorpsi Pb - Google x +

scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=karbon+aktif+adsorpsi+Pb&btnG=

Google Scholar karbon aktif adsorpsi Pb

Articles About 3,430 results (0.05 sec) My profile My library

Any time Since 2021 Since 2020 Since 2017 Custom range...

Sort by relevance Sort by date

Include patents Include citations Create alert

Tip: Search for English results only. You can specify your search language in Scholar Settings.

Aplikasi **karbon aktif** dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H₃PO₄ untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb [PDF] usu.ac.id
EM Gultom, MT Lubis - Jurnal Teknik Kimia USU, 2014 - talenta.usu.ac.id
... [7] Husni, H, Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan **Karbon Aktif** Dari Batang Pisang ... [10] Kurniati, N, Kesetimbangan Adsorpsi Residu Minyak dari Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit (POME) Menggunakan Gambut **Aktif** ...
☆ Cited by 41 Related articles All 2 versions

Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang **Aktif** dari Sabut Siwalan [PDF] unimma.ac.id
R Nafah - Jurnal farmasi Sains dan praktik, 2016 - journal.unimma.ac.id
... Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang **Aktif** dari Sabut Siwalan ... Arang **aktif** merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% **karbon**, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung **karbon** dengan pemanasan pada suhu tinggi (Chand dkk, 2005) ...
☆ Cited by 23 Related articles

Kemampuan Adsorpsi **Karbon Aktif** dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu [PDF] uinsby.ac.id
AM Candekia - 2019 - digitia.uinsby.ac.id
Kulit singkong merupakan limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan dan tapioka. Salah satu upaya pemanfaatannya yaitu dengan cara digunakan sebagai bahan baku **karbon aktif** untuk mengadsorpsi logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk ...
☆ Cited by 6 Related articles All 4 versions

Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang **Aktif** dari Kulit Pisang [PDF] ulm.ac.id
AS Sanjaya, RP Agustine - Konversi, 2015 - konversi.ulm.ac.id
... Dari persamaan Langmuir menunjukkan massa 2 gr mempunyai kemampuan adsorpsi yang paling ... Kinetika adsorpsi logam Pb dengan arang **aktif** dari kulit pisang pada massa 1 ... Aplikasi
Go to PC settings to activate Windows.

Universitas Brawijaya x karbon aktif adsorpsi timbal - Google x +

scholar.google.com/scholar?q=karbon+aktif+adsorpsi+timbal&hl=en&as_sdt=0%2C5&as_ylo=&as_yhi=

Google Scholar karbon aktif adsorpsi timbal

Articles About 1,910 results (0.05 sec) My profile My library

Any time Since 2021 Since 2020 Since 2017 Custom range...

Sort by relevance Sort by date

Include patents Include citations Create alert

Tip: Search for English results only. You can specify your search language in Scholar Settings.

Kemampuan Adsorpsi **Karbon Aktif** dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu [PDF] uinsby.ac.id
AM Candekia - 2019 - digitia.uinsby.ac.id
Kulit singkong merupakan limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan dan tapioka. Salah satu upaya pemanfaatannya yaitu dengan cara digunakan sebagai bahan baku **karbon aktif** untuk mengadsorpsi logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk ...
☆ Cited by 6 Related articles All 4 versions

Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi timbal (II) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji (psidium guajava L.) [PDF] unmul.ac.id
S Lestaji - Jurnal Kimia Mulawarman, 2010 - jurnal.kimia.unmul.ac.id
Keywords: Adsorption, lead(II), bark, guava ... Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai adsorben dalam proses adsorpsi logam berat (Wisnubroto, 2002) ... Penelitian ini mengacu pada prinsip kerja yang sama dengan **karbon aktif** ...
☆ Cited by 29 Related articles All 3 versions

Model kinetika langmuir untuk adsorpsi timbal pada abu sekam padi [PDF] uns.ac.id
BST Sembodo - Ekuilibrium, 2006 - jurnal.uns.ac.id
... Keywords: lead pollution, rice hull ash, kinetics of adsorption, Langmuir kinetics model ... untuk mengatasi pencemaran logam berat timbal dalam air adalah dengan proses adsorpsi. **Karbon aktif** dan zeolite telah banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi ...
☆ Cited by 24 Related articles All 3 versions

Adsorpsi timbal (Pb) dan zink (Zn) dari larutannya menggunakan arang hayati (biocharcoal) kulit pisang kepek berdasarkan variasi pH (Adsorption of Plumbum (Pb) ... [PDF] untad.ac.id
D Damayanti, N Rahman, S Supriadi - Jurnal Akademika Kimia, 2012 - jurnal.untad.ac.id
Go to PC settings to activate Windows.