

# Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd

Novi Angraini<sup>1</sup>, Tuty Emilia Agustina<sup>2\*</sup>, Fitri Hadiah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ogan Ilir 30662, Sumatera Selatan, Indonesia

## ABSTRAK

Air limbah laboratorium seharusnya tidak dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan lebih lanjut. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan yang dampaknya juga dirasakan oleh makhluk hidup di sekitarnya. Bahan yang terkandung dalam air limbah laboratorium tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang mengandung bahan organik dan anorganik seperti Cd, Pb, Cu, Hg, Cr, Zn, Fe, dan logam berat lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi logam berat dalam air limbah laboratorium dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penurunan kadar logam berat Pb, Cu, dan Cd pada air limbah laboratorium dengan karbon aktif dan zeolit sintetik sebagai adsorben. Persentase penyisihan logam Pb terbesar dengan menggunakan karbon aktif sebesar 97,93% dicapai pada pH 7, sedangkan dengan menggunakan zeolit sintetik sebesar 98,47% yang dicapai pada pH 6. Persentase terbesar penyisihan logam Cu menggunakan karbon aktif mencapai 98,33% diperoleh pada pH 9, sedangkan persentase terbesar penyisihan logam Cu dengan adsorben zeolit sintesis mencapai 99,87% diperoleh pada pH 4. Persentase penyisihan logam Cd tertinggi dengan karbon aktif mencapai 98,60% dan dengan zeolit sintetik sebesar 97,20%, yang dicapai pada pH sama yaitu pada pH 8. Dapat disimpulkan bahwa nilai pH berpengaruh pada penurunan logam Pb dan Cu dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif dan zeolit sintetik, sedangkan untuk logam Cd, pengaruh pH tidak signifikan.

**Kata kunci:** Adsorpsi, Air Limbah Laboratorium, pH, Logam Berat Pb, Cu, Cd

## ABSTRACT

Laboratory wastewater should not discharge directly into the environment without further processing. This can cause pollution to the environment whose impact is also felt by living things around it. The materials contained in laboratory wastewater are classified as hazardous and toxic waste (B3) containing organic and inorganic materials such as Cd, Pb, Cu, Hg, Cr, Zn, Fe, and other heavy metals. This study aims to reduce heavy metals in laboratory wastewater using the adsorption method of adsorbents. Therefore, this study focused on reducing the levels of heavy metals Pb, Cu, and Cd in laboratory wastewater using the activated carbon and synthetic zeolite as adsorbents. The largest percentage of Pb metal removal using activated carbon of 97.93% was achieved at pH 7, while by using synthetic zeolite was 98.47% achieved at pH 6. The largest percentage of Cu metal removal using activated carbon adsorbent of 98.33% was obtained at pH 9, while the largest percentage of Cu metal removal with synthetic zeolite of 99.87% was reached at pH 4. The highest percentage of Cd metal removal with activated carbon of 98.60% and with synthetic zeolite of 97.20%, which were achieved at the same pH of 8. It can be concluded that the pH value influences the reduction of Pb and Cu metals by adsorption method using activated carbon and synthetic zeolite, as for Cd metal, the effect of pH is not significant.

**Keywords:** Adsorption, Wastewater, pH, Heavy metal of Pb, Cu, Cd

**Sitasi:** Angraini, N., Agustina, T.E., Hadiah, F. (2022). Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2),345-355, doi: 10.14710/jil.20.2.345-355

## 1. Pendahuluan

Saat ini pengolahan limbah yang cukup baik baru dilakukan oleh industri-industri besar yang telah mempunyai instalasi pengolahan limbah sendiri. Limbah kegiatan rumah tangga, kegiatan pertanian, dan kegiatan laboratorium masih belum mendapat perhatian khusus. Limbah-limbah tersebut umumnya

langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan lebih lanjut. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang dampaknya dirasakan juga oleh makhluk hidup disekitarnya.

Limbah laboratorium mengandung banyak bahan organik dan anorganik (Audiana dkk., 2017). Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang cukup banyak jumlahnya tetapi belum mendapatkan

\* Penulis korespondensi: tuty\_agustina@unsri.ac.id

perhatian khusus. Pengolahan limbah laboratorium belum menjadi hal utama yang harus diselesaikan. Pada umumnya limbah laboratorium dari lembaga pendidikan langsung dibuang ke dalam wastafel pembuangan atau hanya ditampung pada dirigen-dirigen limbah untuk selanjutnya dikirim ke lembaga-lembaga pengolah limbah yang bersertifikat. Banyaknya bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah laboratorium jika dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak lingkungan seperti rusaknya struktur tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem, serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Fajri, 2018). Sedangkan pengolahan limbah dengan menggunakan jasa lembaga pengolah limbah yang bersertifikat membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga akan meningkatkan biaya pemeliharaan lingkungan bagi lembaga pendidikan tersebut.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 tahun 2021, bahan-bahan yang terkandung dalam limbah laboratorium termasuk ke dalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Kandungan bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah laboratorium harus memenuhi standar baku mutu air limbah untuk dapat dibuang ke lingkungan. Kandungan organik dapat meliputi COD, BOD, DO, TSS dan TDS. Sedangkan kandungan anorganik dapat berupa kandungan nutrisi seperti Sulfat, Nitrat, Nitrit, Amoniak dan Fosfat dan logam berat seperti logam Cd, Pb, Cu, Hg, Cr, Zn, Fe, dan logam-logam berat lainnya.

Pengolahan air limbah dengan metode adsorpsi mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode lainnya diantaranya prosesnya ekonomis dan fleksibel, mempunyai kinerja yang baik, ramah lingkungan, serta dapat diregenerasi. Jenis adsorben yang dapat digunakan pada metode adsorpsi cukup banyak seperti karbon aktif, abu batu bara, tanah liat, dan zeolit (Setiawan dkk., 2021).

Karbon aktif merupakan bahan yang efektif untuk mereduksi logam berat pada proses pengolahan air limbah (Mariana dkk., 2021). Kapasitas adsorpsi yang tinggi dari karbon aktif disebabkan karena ukuran partikel yang kecil, luas permukaan internal besar, dan memiliki valensi bebas yang aktif (Angin dan Sarikulce, 2017). Karbon aktif mempunyai banyak sekali ruang pori dengan ukuran tertentu dimana partikel dengan ukuran yang sangat halus akan tertangkap dan terjebak di dalamnya. Karbon aktif yang berasal dari tempurung kelapa adalah salah satu karbon aktif yang murah dan efisien (Sulistiyanti dkk. 2018).

Zeolit merupakan adsorben yang efektif dalam mereduksi logam berat terutama logam Cd karena zeolit terdiri dari aluminosilikat (Choi dkk., 2016). Zeolit memiliki kemampuan pertukaran ion yang baik, mempunyai luas permukaan yang besar, dan bersifat hidrofilik sehingga sangat baik untuk menyerap logam Cd (Renu dkk., 2017).

Berdasarkan referensi dari penelitian terdahulu, reduksi logam berat pada air limbah dapat menggunakan metode adsorpsi dengan beberapa jenis adsorben. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada reduksi kadar logam berat Pb, Cu, dan Cd pada air limbah laboratorium menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben arang aktif dan zeolit sintetik yang telah diaktivasi.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Limbah Laboratorium

Limbah laboratorium merupakan limbah cair, gas, atau padat yang berasal dari sisa buangan kegiatan laboratorium baik praktikum, penelitian maupun pengujian dimana terdapat sisa-sisa hasil reaksi berbagai larutan kimia. Limbah padat dan gas tidak terlalu banyak tetapi limbah cair yang dihasilkan oleh laboratorium jumlahnya cukup banyak. Limbah laboratorium dapat berasal dari berbagai sumber seperti bahan kimia yang sudah kadaluarsa, bahan habis pakai yang pecah atau rusak, sisa sampel, sisa reagen reaksi-reaksi kimia, bahkan air bekas mencuci peralatan (Nurhayati, 2018). Banyaknya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah laboratorium jika dibuang langsung ke lingkungan akan dapat merusak lingkungan seperti rusaknya struktur tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem, serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia (Fajri, 2018). Beberapa contoh limbah B3 ialah limbah yang mengandung logam berat seperti Cu, Fe, Pb, Cd, Cr, Mn, Zn, Hg, Al, serta beberapa bahan kimia seperti sianida, pestisida, fenol dan lainnya.

Kandungan minimal logam berat yang masih diijinkan terdapat pada air limbah sebelum dibuang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah. Untuk air limbah laboratorium mengacu pada bagian baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan. Pada bagian tersebut ditetapkan bahwa kandungan minimal logam Pb, Cu, dan Cd berturut-turut adalah 0,1 mg/L, 2,0 mg/L, dan 0,05 mg/L.

### 2.2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan molekul-molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena adanya ketidakseimbangan gaya pada permukaan zat tersebut. Adanya interaksi ion logam dengan gugus fungsional menjadi dasar terjadinya proses adsorpsi. Proses adsorpsi diawali dengan interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang memiliki gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH, dan -COOH. Penambahan adsorben pada berbagai variasi dosis mempengaruhi proses adsorpsi (Raziah dkk, 2017).

Pada proses adsorpsi terjadi pemisahan komponen dari satu fase fluida yang berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat menyerap. Zat yang bersifat menyerap ini disebut adsorben sedangkan zat yang terserap disebut adsorbat. Peristiwa adsorpsi dapat terjadi pada zat padat dengan zat cair, zat padat dengan gas, zat cair dengan zat cair, ataupun gas dengan zat cair. Pada peristiwa adsorpsi umumnya terjadi proses penggumpalan bahan terlarut oleh permukaan benda adsorben yang memiliki struktur berpori. Adanya perbedaan molekul dan perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul akan melekat lebih erat pada permukaan adsorben dibanding dengan molekul-molekul lainnya. Semakin besar penambahan dosis adsorben dapat mengakibatkan terbentuknya agregat dari partikel hingga luas permukaan adsorben menurun dan efisiensi adsorpsi juga menurun (Sari dan Tuzen, 2014).

Diantara beberapa teknik pengolahan limbah yang mengandung logam berat, teknik adsorpsi merupakan teknik pengolahan yang paling potensial untuk menghilangkan kandungan logam berat yang terdapat pada limbah industri (Lakherwal, 2014). Selain itu, Dula dan Nefo (2019), dalam penelitiannya juga merekomendasikan teknik adsorpsi untuk mengurangi kandungan logam berat baik itu dengan menggunakan adsorben kimia ataupun biologi.

### 2.3. Karbon aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon yang telah mendapatkan perlakuan khusus sehingga mempunyai daya serap yang tinggi dengan luas permukaan antara 100 – 2000 m<sup>2</sup>/g.

Karbon aktif mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia secara selektif karena sifat adsorpsinya tergantung pada besarnya volume pori-pori dan luas permukaan. Berdasarkan tipenya, karbon aktif dibedakan menjadi 2 macam, yaitu karbon aktif yang berfungsi sebagai pemucat dan karbon aktif sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat biasanya digunakan untuk memisahkan bahan-bahan pengganggu dalam fase cair dan umumnya berbentuk serbuk halus dengan diameter pori 1000 Å. Sedangkan sebagai penyerap uap, karbon aktif digunakan sebagai katalis dan untuk pemurnian gas pada fase gas. Karbon aktif ini umumnya berbentuk granul atau pelet dengan diameter pori 10-200 Å (Ramadhani dkk., 2020). Dilihat dari bentuknya, karbon aktif dapat dibedakan menjadi 3 yaitu karbon aktif yang berbentuk serbuk, granul dan pelet (Ibrahim, 2014).

### 2.4. Zeolit

Zeolit ( $M_x/n(Al_xSi_yO_2(x+y)) \cdot zH_2O$ ) merupakan salah satu mineral alumino-silikat dari alkali atau alkali tanah seperti sodium, potasium, dan kalsium. Struktur utama pembentuk zeolit adalah silica  $[SiO_4]^-$  dan

alumina  $[AlO_4]^-$  (Yang, 2003). Zeolit mempunyai bentuk kristal yang teratur, memiliki rongga yang saling berhubungan yang membuat luas permukaannya besar sehingga baik digunakan sebagai adsorben (Adli, 2012).

Menurut bahasa Yunani, Zeolit berasal dari kata Zein (membuih) dan Lithos (batu) sehingga zeolit dapat diartikan sebagai batu yang membuih sesuai dengan sifatnya yang dapat membuih jika dipanaskan pada suhu 100°C–350°C. Dalam penggunaannya zeolit banyak dipakai sebagai adsorben, katalis, penukar ion, dan saringan molekuler.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Asam Nitrat 65 % pro analysis Merck,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  Merck,  $Pb(NO_3)_2$  Merck,  $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$  Merck, NaOH Merck, Karbon aktif, Zeolit sintetis, Akuades, dan Kertas saring Whatman 42.

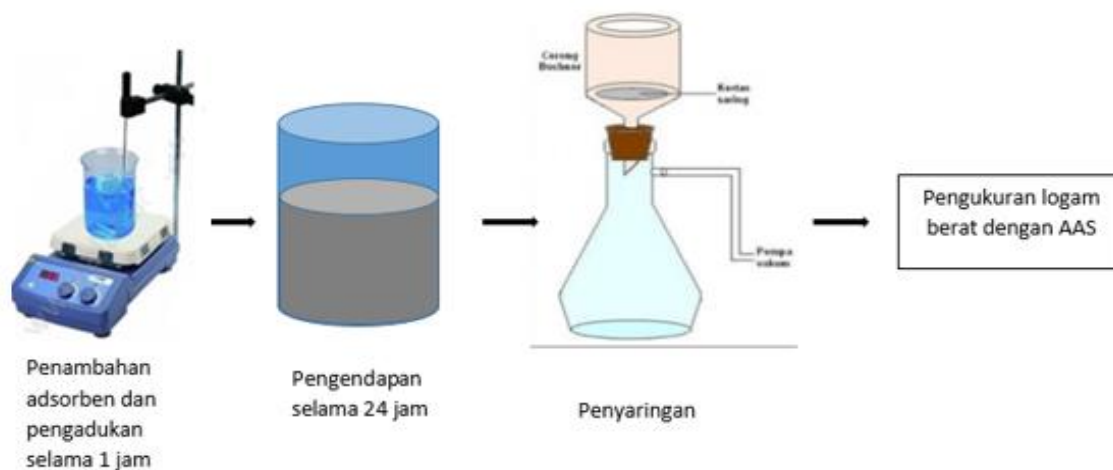
### 3.2. Prosedur Penelitian

#### 3.2.1. Metode adsorpsi pada air limbah sintetik multikomponen

Menyiapkan air limbah sintetik multikomponen Pb, Cu, dan Cd dengan konsentrasi 15 ppm sebanyak 100 mL dan memasukkannya ke dalam gelas kimia. Mengatur pH limbah sintetik sesuai pH optimum. Menambahkan adsorben yang paling efektif dengan dosis optimum. Melakukan proses adsorpsi dengan pengadukan selama 1 jam dan pengendapan selama 24 jam. Menyaring sampel limbah yang telah diadsorpsi. Mengukur kadar logam total limbah sintetik multikomponen pada filtrat hingga didapat hasil pengukuran setelah proses adsorpsi. Menentukan persentase penurunan kadar logam berat sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

#### 3.2.2. Metode adsorpsi pada air limbah laboratorium

Menyiapkan air limbah laboratorium yang telah dilakukan pengujian awal sebanyak 100 mL dan memasukkannya ke dalam gelas kimia. Jika pH air limbah asam, menambahkan larutan NaOH 10 % sampai pH mencapai pH optimum. Menambahkan adsorben yang paling efektif dengan kondisi optimum (jenis adsorben dan dosis). Melakukan proses adsorpsi dengan pengadukan selama 1 jam dan pengendapan selama 24 jam. Menyaring sampel limbah yang telah diadsorpsi. Mengukur kadar logam total Pb, Cu, dan Cd pada filtrat hingga didapat hasil pengukuran setelah proses adsorpsi. Menentukan persentase penurunan kadar logam berat sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Skema alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Gambar Skema Alat Penelitian

### 3.3. Analisa

Untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben dan elemen kimia yang terkandung di dalamnya dilakukan karakterisasi dengan menggunakan Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). Sedangkan untuk menganalisa kandungan logam berat digunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Hasil Karakterisasi SEM-EDX

Gambar 2. menunjukkan hasil analisa SEM untuk adsorben karbon aktif sebelum mengalami proses aktivasi dengan perbesaran 20 ribu kali. Gambar tersebut menunjukkan mikrograf dari karbon aktif sebelum proses aktivasi dimana pori-pori belum jelas terlihat dan terdapat banyak pengotor-pengotor yang melekat pada permukaan karbon aktif.

Gambar 3. menunjukkan hasil analisa SEM untuk adsorben karbon aktif setelah diaktivasi dengan perbesaran 20 ribu kali. Terlihat jelas terdapat perbedaan dimana pada karbon aktif yang telah diaktivasi struktur dan bentuk pori karbon aktif lebih jelas dan teratur. Selain itu, ukuran pori karbon aktif yang sudah diaktivasi juga lebih seragam dan pengotor-pengotor yang melekat pada permukaan karbon aktif yang telah diaktivasi sudah banyak berkurang. Karbon aktif sebelum diaktivasi memiliki permukaan yang padat dengan sedikit pori yang terlihat sedangkan karbon aktif setelah aktivasi mempunyai pori yang lebih terbuka dengan bentuk yang lebih seragam (Mistar dkk., 2020).

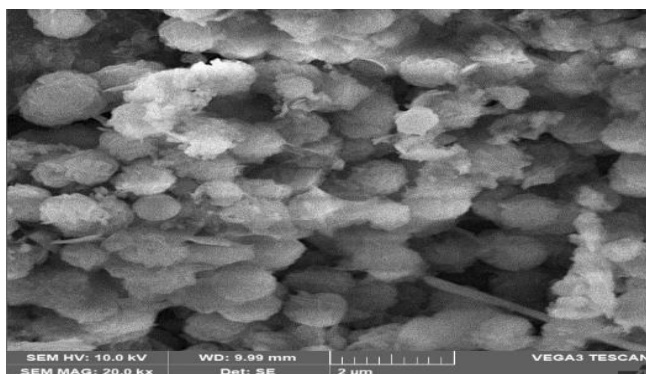
Penelitian Hartanto dan Ratnawati (2010) memberikan hasil SEM karbon aktif sebelum aktivasi pori masih tertutup pengotor namun setelah karbon aktif diaktivasi pori-pori lebih terbuka dengan bentuk bulat yang seragam sehingga memperbesar luas

permukaan. Karbon aktif yang telah diaktivasi memiliki performa penyerapan ion yang lebih maksimal karena permukaan atau pori-pori karbon aktif lebih terbuka sehingga dapat menyerap ion leboh banyak jika dibandingkan dengan karbon aktif sebelum diaktivasi (Noor dkk., 2020).

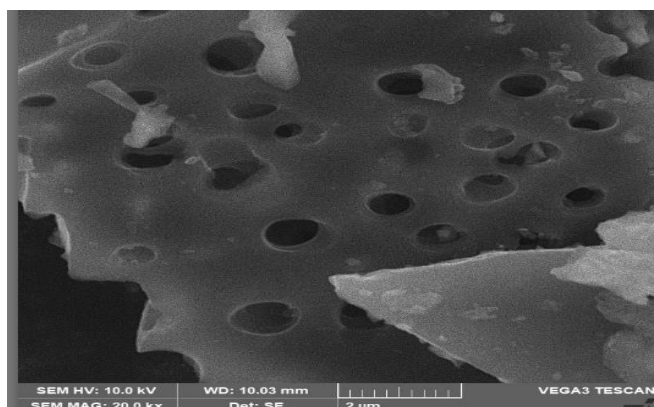
Gambar 4. menunjukkan hasil analisa SEM untuk adsorben zeolit sintetik sebelum mengalami proses aktivasi dengan perbesaran 20 ribu kali. Morfologi zeolit sintetik sebelum diaktivasi masih berbentuk seperti batuan tunggal dengan permukaan yang kasar dan tidak beraturan dengan pori-pori yang belum terlihat. Gambar 5. menunjukkan hasil analisa SEM untuk adsorben zeolit sintetik setelah aktivasi dengan perbesaran 20 ribu kali. Gambaran permukaan zeolit sintetik setelah diaktivasi sudah tidak seperti batuan tunggal, permukaannya lebih halus dengan ukuran dan bentuk pori yang lebih seragam jika dibandingkan dengan zeolit sintetik sebelum diaktivasi. Proses penggerusan dan pengayakan pada proses aktivasi memberikan ukuran partikel yang lebih halus dan seragam sehingga saat diaktivasi pengotor-pengotor yang masih menutupi pori dapat larut dalam aktivator dan membuat pori semakin terbuka.

Selain dilakukan analisis dengan SEM untuk mengetahui struktur permukaan adsorben, karakteristik adsorben juga dianalisis dengan Energy Disperse X-Ray (EDX) untuk mendapatkan informasi tentang komposisi kimia unsur yang terdapat dalam adsorben.

Tabel 1. menunjukkan hasil EDX komposisi kimia unsur penyusun karbon aktif sebelum diaktivasi. Dari Tabel 1. diatas, terlihat bahwa unsur penyusun karbon aktif sebelum aktivasi adalah C, O, K, dan Na dengan unsur penyusun terbesar berupa C sebesar 77,78 %, kemudian O sebesar 20,41 %, K 1,30 %, dan Na 0.51 %. Adanya kandungan K dan Na pada karbon aktif menunjukkan adanya kadar abu pada karbon aktif.



Gambar 2. SEM Karbon Aktif sebelum proses aktivasi



Gambar 3. SEM Karbon Aktif setelah proses aktivasi

Berdasarkan SNI 06-3730-1995, maksimal kadar abu yang terdapat dalam karbon aktif berbentuk serbuk tidak boleh lebih dari 10 %. Semakin kecil persentase kadar abu yang terdapat dalam karbon aktif maka kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam akan semakin besar. Hal ini karena kadar abu termasuk bahan pengotor yang seharusnya tidak terdapat dalam karbon aktif. Pengotor ini jika tidak dihilangkan akan mengganggu efektifitas proses adsorpsi logam pada air limbah yang akan diolah (Haura dkk. 2017). Besarnya persentase berat dari unsur-unsur penyusun karbon aktif setelah aktivasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

Dari Tabel 2. terlihat bahwa komposisi kimia unsur penyusun karbon aktif setelah aktivasi adalah C, O, dan Na. Besarnya persen berat untuk setiap unsur adalah C 78,59 %, O 18,52 %, dan Na 2,89 %. Setelah diaktivasi ternyata unsur C naik dari 77,78 % menjadi 78,59 % dan unsur K sudah tidak terdapat lagi didalam karbon aktif.

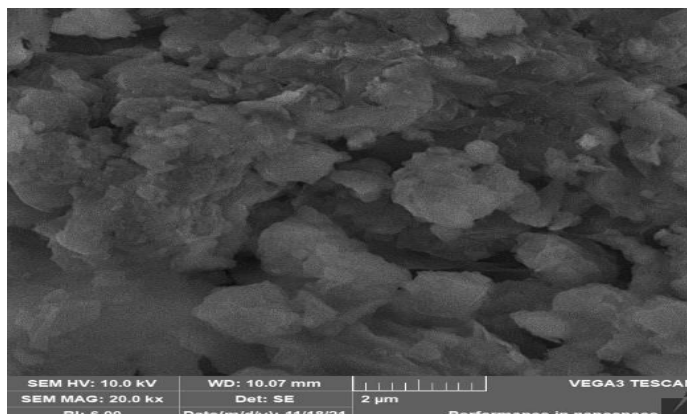
Naiknya persentase berat C dan hilangnya unsur K disebabkan oleh proses aktivasi yang berfungsi menghilangkan pengotor yang ada dalam karbon aktif. Namun persentase berat unsur Na naik menjadi 2,89 % setelah diaktivasi dari 0,51 % sebelum diaktivasi. Hal ini karena proses aktivasi karbon aktif dilakukan dengan penambahan bahan kimia NaOH dan proses

pencucian yang belum optimal sehingga persentase berat unsur Na mengalami kenaikan.

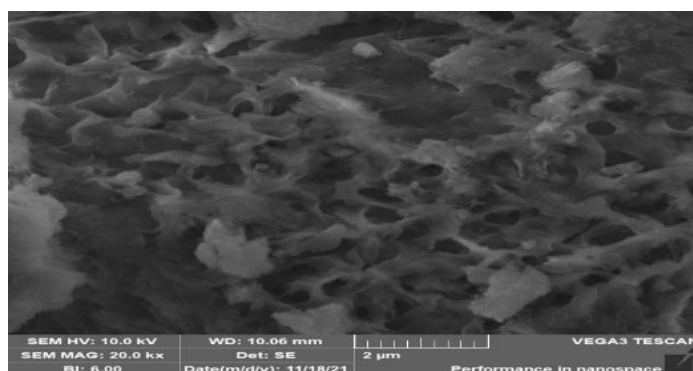
Dari Tabel 3. terlihat bahwa komposisi kimia unsur penyusun zeolit sintetis sebelum aktivasi terdiri dari unsur C, O, Si, dan Al.

Besarnya persen berat untuk setiap unsur adalah C 10,94 %, O 53,02 %, Si 28,57 %, dan Al 7,47 %. Hasil EDX dari zeolit sintetis menunjukkan bahwa zeolit sintetis yang digunakan sudah bersih dari unsur pengotor lain. Hal ini disebabkan karena zeolit yang digunakan adalah bukanlah zeolit alam, melainkan zeolit hasil sintetis. Besarnya persentase berat dari unsur-unsur penyusun zeolit sintetis setelah diaktivasi ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. menunjukkan komposisi kimia unsur penyusun zeolit sintetis setelah aktivasi sama dengan unsur penyusun zeolit sintetis sebelum aktivasi yaitu C, O, Si, dan Al namun besarnya persen berat untuk setiap unsur mengalami kenaikan untuk C dari 10,94 % naik menjadi 12,93 % dan O dari 53,02 % naik menjadi 56,61 %. Sedangkan persen berat Si turun dari 28,57 % menjadi 24,03 % dan Al turun dari 7,47 % menjadi 6,43 %. Hasil EDX dari zeolit sintetis setelah diaktivasi menunjukkan bahwa zeolit sintetis yang digunakan semakin baik dan bersih.



**Gambar 4.** SEM Zeolit Sintetik sebelum proses aktivasi



**Gambar 5.** SEM Zeolit Sintetik setelah proses aktivasi

**Tabel 1.** Hasil analisa EDX Karbon Aktif sebelum aktivasi

Komponen	Weight Percentage (%)	Atomic Percentage (%)
C	77,78	82,95
O	20,41	16,34
K	1,30	0,42
Na	0,51	0,28

**Tabel 2.** Hasil analisa EDX Karbon Aktif setelah aktivasi

Komponen	Weight Percentage (%)	Atomic Percentage (%)
C	78,59	83,60
O	18,52	14,79
Na	2,89	1,61

**Tabel 3.** Hasil analisa EDX zeolit sintetik sebelum aktivasi

Komponen	Weight Percentage (%)	Atomic Percentage (%)
O	53,02	60,05
C	10,94	16,50
Si	28,57	18,44
Al	7,47	5,02

**Tabel 4.** Hasil analisa EDX zeolit sintetik setelah aktivasi

Komponen	Weight Percentage (%)	Atomic Percentage (%)
O	56,61	61,98
C	12,93	18,86
Si	24,03	14,99
Al	6,43	4,17

#### 4.2. Pengaruh pH Terhadap Persen Removal Logam dengan Proses Adsorpsi

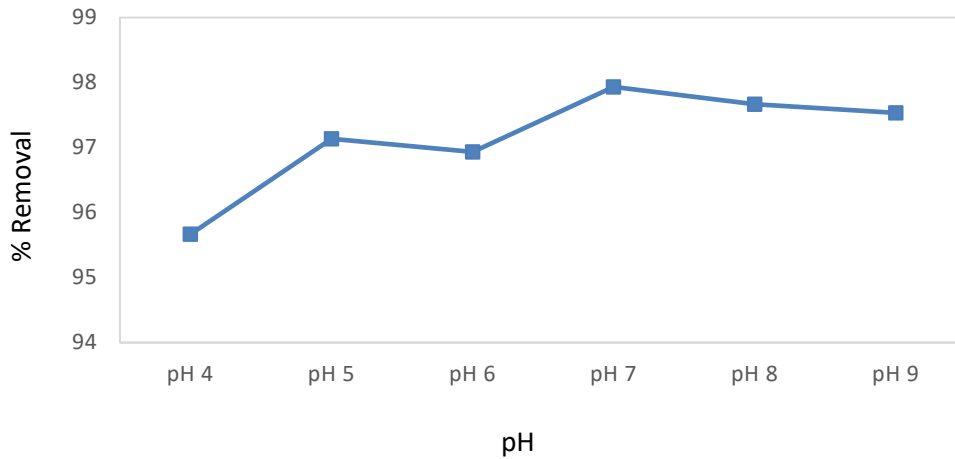
Salah satu variabel yang berpengaruh pada proses adsorpsi adalah kondisi pH mula-mula dari air limbah yang mengandung logam. Kondisi pH awal air limbah akan mempengaruhi mekanisme adsorpsi, kapasitas serapan dari ion logam, serta kesetimbangan kimia dari adsorbat maupun adsorben (Raziah dkk. 2017).

Nilai pH menunjukkan tingkat konsentrasi ion H<sup>+</sup> di dalam air dimana proses pertukaran ion dan interaksi elektrostatis sangat dipengaruhi oleh konsentrasi H<sup>+</sup> (Duan dkk., 2020). Pengaruh pH terhadap penurunan kadar logam berat dilakukan dengan mengadsorpsi logam berat pada air limbah sintetis dengan menggunakan adsorben dengan pH yang divariasikan dari pH 4 sampai dengan pH 9.

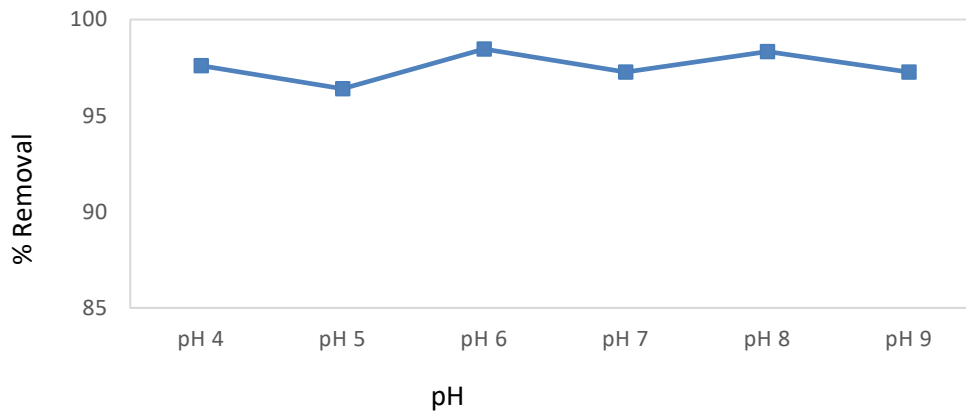
Konsentrasi awal masing-masing logam berat pada air limbah sintetis yaitu 15 ppm dengan penambahan adsorben diseragamkan yaitu 1 gram untuk 100 mL sampel air limbah sintetis. Proses

adsorpsi berlangsung dengan pengadukan selama 1 jam dan pengendapan selama 24 jam kemudian disaring dan kadar logam diukur dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm untuk logam Pb, panjang gelombang 324,8 nm untuk logam Cu, dan panjang gelombang 228,8 nm untuk logam Cd.

Data penurunan kadar logam berat setelah proses adsorpsi untuk menganalisis pengaruh pH terhadap penyerapan logam berat ditunjukkan pada Gambar 6 sampai Gambar 11. Setelah mengalami proses adsorpsi dengan kondisi operasi yang sama, persen removal terbesar logam Pb dengan menggunakan karbon aktif adalah 97,93 % sedangkan persen *removal* terbesar logam Pb dengan menggunakan adsorben zeolit sintetis adalah 98,47 %. Nilai persen *removal* yang tinggi menunjukkan bahwa kedua adsorben yaitu karbon aktif dan zeolit sintetis efektif dalam penyerapan logam Pb. Hal ini juga didukung oleh penelitian lain yang juga menemukan persen *removal* penyerapan logam Pb yang cukup tinggi yaitu mencapai 92% dengan menggunakan adsorben zeolit.



**Gambar 6.** Pengaruh pH Terhadap % Removal Logam Pb dengan Adsorben Karbon Aktif



**Gambar 7.** Pengaruh pH terhadap % Removal Logam Pb dengan Adsorben Zeolit Sintetik

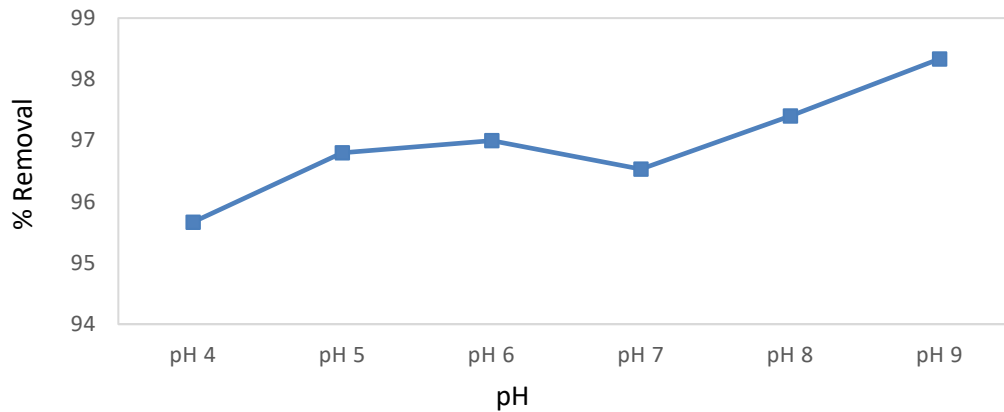
Berdasarkan Gambar 6 dan 7, pH optimum penyerapan logam Pb dengan menggunakan adsorben karbon aktif tercapai pada pH 7,0 dan penyerapan logam Pb dengan zeolit sintetik efektif pada pH 6. Kedua pH optimum tersebut tidak terlalu berbeda jauh yaitu pada pH 6,0-7,0 atau bisa dikatakan pH optimum penyerapan logam Pb adalah pada pH netral. Hal ini didukung oleh penelitian Hegazi (2013) yang menyatakan bahwa pH optimum untuk penyerapan logam berat adalah pada pH 6,0 – 7,0.

Hal ini karena rasio dosis optimal adsorben terhadap adsorbat sudah tercapai dan semua situs aktif pada adsorben telah menyerap logam Pb pada adsorbat sehingga penambahan sejumlah adsorben

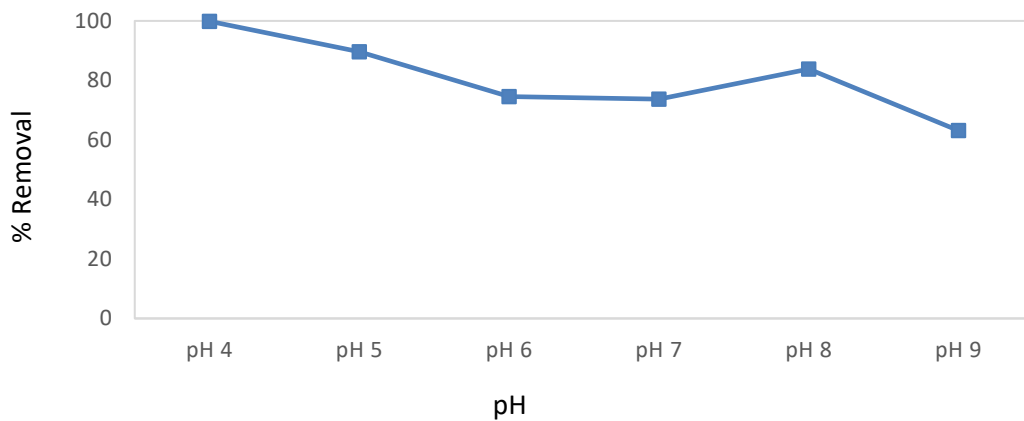
tidak lagi menyerap logam atau dapat juga dikatakan bahwa jumlah adsorben sudah jenuh terhadap adsorbat (Mandal dkk., 2021). Semakin besar penambahan dosis adsorben dapat mengakibatkan terbentuknya agregat dari partikel hingga luas permukaan adsorben menurun dan efisiensi adsorpsi juga menurun (Sari dan Tuzen, 2014).

Persen *removal* logam Cu dengan menggunakan adsorben karbon aktif mencapai 98,33% sedangkan persen removal logam Cu dengan menggunakan adsorben zeolit sintetik mencapai 99,87%. Persen removal yang besar menunjukkan bahwa kedua adsorben juga efektif dalam menyerap logam Cu.





**Gambar 8.** Pengaruh pH terhadap % *removal* logam Cu dengan adsorben Karbon Aktif



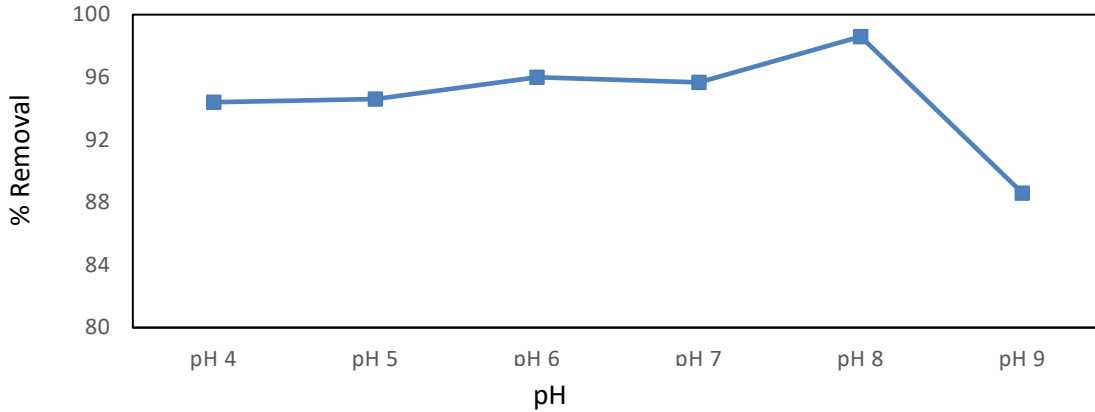
**Gambar 9.** Pengaruh pH terhadap % *removal* logam Cu dengan adsorben Zeolit sintetik

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa persen *removal* terbesar untuk logam Cu diperoleh pada pH optimum 9,0 untuk adsorben karbon aktif sedangkan persen *removal* logam Cu dengan menggunakan adsorben zeolit sintetik diperoleh pada pH optimum 4,0. Kedua adsorben menunjukkan hasil pH optimum yang berbeda yaitu karbon aktif efektif pada suasana basa dan zeolit efektif pada suasana asam. Pada adsorpsi dengan menggunakan zeolit terlihat bahwa semakin rendah pH maka daya serap zeolit terhadap logam Cu semakin tinggi. Adanya penambahan asam-asam mineral pada larutan yang mengandung logam, dapat meningkatkan efektifitas adsorpsi apabila pH diturunkan (Gultom dkk., 2014).

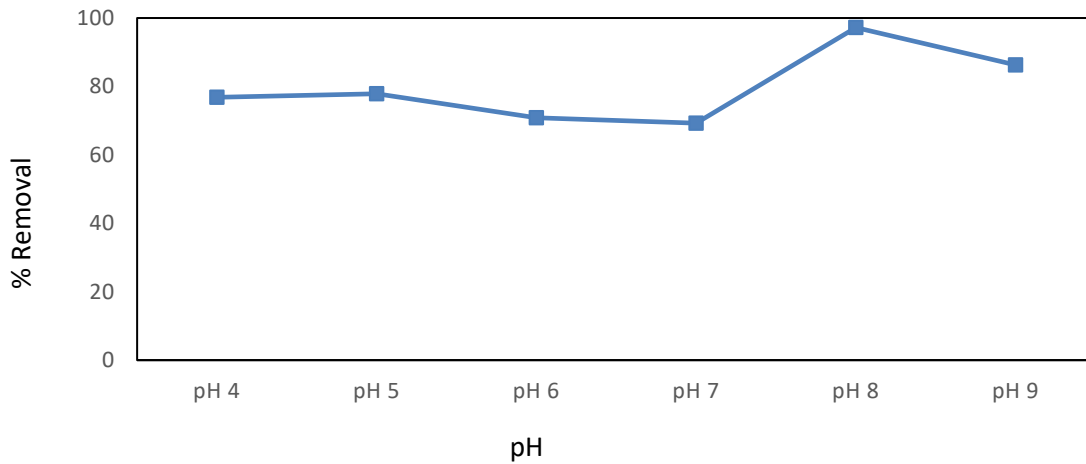
Pada penelitian Elboughdiri (2020), dinyatakan bahwa larutan asam dapat mempengaruhi karakter pertukaran ion dan karakter adsorben dimana semakin tinggi pH larutan maka efisiensi penurunan kadar logam berat juga meningkat. Hal ini disebabkan oleh

adanya persaingan antara ion hidrogen dan kation logam berat dalam siklus pertukaran yang sama.

Menurut Alkherraz dkk (2020), pada pH yang lebih rendah, kelompok fungsional pada permukaan adsorben akan bermuatan positif dan akibatnya ion H<sup>+</sup> akan bersaing dengan ion logam, sehingga menyebabkan adsorpsi ion logam sedikit. Adsorpsi yang rendah juga terjadi karena adanya tolakan antara ion H<sup>+</sup> yang bermuatan positif dan ion logam. Selain itu, menurut Raziah dkk (2017), efisiensi penyerapan logam Cu rendah pada kondisi asam. Hal ini berbanding terbalik dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini dimana efisiensi penyerapan logam Cu dengan adsorben zeolit sintetik justru tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya kontaminasi saat proses penyaringan setelah adsorpsi sehingga perlu dilakukan pengukuran ulang untuk adsorpsi pada pH 4 dengan menggunakan zeolit sintetik.



Gambar 10. Pengaruh pH terhadap % removal logam Cd dengan adsorben Karbon Aktif



Gambar 11. Pengaruh pH terhadap % removal logam Cd dengan adsorben Zeolit sintetik

Persen *removal* logam Cd dengan menggunakan adsorben karbon aktif mencapai 98,60 %, sedangkan menggunakan zeolit sintetik mencapai 97,20 %. Hal ini berarti bahwa kedua adsorben juga efektif untuk menyerap logam Cd. Gambar 10. dan 11. menunjukkan bahwa pH optimum untuk penyerapan logam Cd dengan menggunakan adsorben karbon aktif dan zeolit sintetik adalah sama yaitu pada pH 8. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Renu dkk (2017) yang menyatakan bahwa persentase *removal* logam Cd dapat mencapai lebih dari 80 % pada pH optimum 7,0 – 8,0.

#### 4. Kesimpulan

Persen *removal* terbesar logam Pb dengan karbon aktif adalah 97,93% dan dengan adsorben zeolit sintetik adalah 98,47%. Nilai pH optimum penyerapan logam Pb dengan menggunakan adsorben karbon aktif tercapai pada pH 7,0 dan penyerapan logam Pb dengan zeolit sintetik efektif pada pH 6.

Persen *removal* logam Cu dengan adsorben karbon aktif mencapai 98,33% dan dengan adsorben zeolit sintetik mencapai 99,87%. Nilai pH optimum untuk *removal* terbesar untuk logam Cu diperoleh pada pH 9,0 untuk adsorben karbon aktif, sedangkan dengan adsorben zeolit sintetik diperoleh pada pH optimum 4,0. Persentase *removal* logam Cd dengan adsorben karbon aktif mencapai 98,60% dan dengan zeolit sintetik mencapai 97,20%. Adapun pH optimum untuk penyerapan logam Cd dengan adsorben karbon aktif dan zeolit sintetik adalah sama yaitu pada pH 8.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, Laboratorium Pengujian Terpadu FMIPA Universitas Sriwijaya, dan Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan, sebagai tempat

melaksanakan penelitian dan analisa. Penelitian/publikasi artikel ini dibiayai oleh: Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2021, tanggal 23 November 2020. Sesuai dengan SK Rektor Universitas Sriwijaya No. 0014/UN9/SK.LP2M.PT/2021 tanggal 25 Mei 2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adli, H. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat. Fakultas MIPA Program Studi Kimia. Universitas Indonesia, Depok.
- Alkherraz, A.M., Ali, A.K., and K. M. Elsherif. 2020. Removal of Pb (II), Zn (II), Cu (II) and Cd (II) from Aqueous Solutions by Adsorption onto Olive Branches Activated Carbon: Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Chemistry International*. 6(1), 11-20.
- Angin, D., and Sarikulce, S. 2017. The Effect of Activation Temperature on Properties of Activated Carbon Prepared from Wine Industry Pressing Waste. *Desalination and Water Treatment*. 73, 373-379.
- Audiana, M., Apriani, I., dan Kadaria, U. 2017. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan dengan Koagulasi dan Adsorpsi untuk Menurunkan COD, Fe, dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 5(1) 1-10.
- Choi, H.J., Yu, S.W., and Kim, K.H. 2016. Efficient Use of Mg-Modified Zeolite in The Treatment of Aqueous Solution Contaminated with Heavy Metal Toxic Ions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 63, 482-489.
- Dula, T., and Nefo, T. 2019. Removal Methods of Heavy Metals from Laboratory Wastewater. *Journal of Natural Sciences Research*. 9(2).
- Duan, C., Ma, T., Wang, J., and Zhou, Y. 2020. Removal of Heavy Metals from Aqueous Solution Using Carbon-Based Adsorbents: A Review. *Journal of Water Process Engineering* 37, 101339.
- Elboughdiri, N. 2020. The Use of Natural Zeolite to Remove Heavy Metals Cu (II), Pb (II) and Cd (II) from Industrial Wastewater. *Cogent Engineering* 7(1), 1782623.
- Fajri, A. 2018. Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana. *Journal of Sainstek*.
- Gultom, E.R., dan Lubis, M.T. 2014. Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3(1).
- Hartanto, S., dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1).
- Haura, U., Razi, F., dan Meilina, H. 2017. Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI). *Biopropal Industri*. 8 (1).
- Hegazi, H. A. 2013. Removal of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural and Industrial Wastes as Adsorbents. *Housing and Building National Research Center. HBRC Journal*. 9, 276-282.
- Ibrahim, Martin, A., dan Nasruddin. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit dengan Metode Aktivasi Fisika Menggunakan Rotary Autoclave. *Jom FTEKNIK Vol.1, No. 2*.
- Lakherwal, D. 2014. Adsorption of Heavy Metals: A Review. *Internasional Journal of Environmental Research and Development*. ISSN 2249-3131 4(1), 41-48.
- Mandal, S., Calderon, J., Marpu, S.B., Omary, M.A., and Shi, S.Q. 2021. Mesoporous Activated Carbon as A Green Adsorbent for the Removal of Heavy Metals and Congo Red: Characterization, Adsorption Kinetics, and Isotherm Studies. *Journal of Contaminant Hydrology*. 243. 103869.
- Mariana, Khalil, A.H.P.S., Mistar, E.M., Yahya, E.B., Alfatah, T., Danish, M., and Amayreh, M. 2021. Recent Advances in Activated Carbon Modification Techniques for Enhanced Heavy Metal Adsorption. *Journal of Water Process Engineering*. 43. 102231.
- Mistar, E.M., Alfatah, T., and Supardan, M.D. 2020. Synthesis and Characterization of Activated Carbon from *Bambusa Vulgaris Striata* Using Two-Step Activation. *Journal of Materials Research and Technology*. 9 (3), 6278-6286.
- Noor, I., Priatmadi, B., Fatmawati, and Kissinger. 2020. Application of Activated Charcoal from Palm Oil Shell for Cadmium (Cd) and Cooper (Cu) Heavy Metal Adsorption In Acid Mine Drainage. *EnviroSceintee*. 16(2).
- Nurhayati, I., Sugito, dan Pertiwi, A. 2018. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 10(2).
- Ramadhani, LF., Nurjanah, I. M., Yulistiani, R., dan Saputro, E. A. 2020. Review: Teknologi Aktivasi Fisika pada Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*. 26(2).
- Raziah, C., Putri, Z., Lubis, A.R., Sofyana, Zuhra, Suhendrayatna, dan Mulyati, S. 2017. Penurunan Kadar Logam dalam Air Kadmium Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Aceh. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6 (1), 1-6.
- Renu, Agarwal, M., and Singh, K. 2017. Heavy Metal Removal from Wastewater Using Various Adsorbents: A Review. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 07(4).
- Sari, A., and Tuzen, M. 2014. Cd (II) Adsorption from Aqueous Solution by Raw and Modified Kaolinite. *Applied Clay Science* 88-89. 63-72.
- Setiawan, A., Rahmadania, A.N., dan Mayangsari, N.E. 2021. Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintetik Kombinasi Abu Terbang dan Abu Dasar dengan Variasi Waktu Aging. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 15 (1).
- Sulistiyanti, D., Antoniker, dan Nasrokhah. 2018. Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia* 3(2), 147-156.
- Yang, R.T. 2003. *Adsorbents: Fundamentals and Applications*. A. John Wiley & Sons, Inc., Publication. ISBN 0-471-29741-0.