

SKRIPSI

**PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR SEDIMEN SEBAGAI
KARBON AKTIF UNTUK ADSORPSI LOGAM Cu PADA
AIR SUNGAI MUSI**



**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh :

Rizanti Fadilah Azzahra

122021026P

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2023**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp (0711) 518764 Fax (0711) 519408
Terakreditasi B dengan SK No. 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

Nama : RIZANTI FADILAH AZZAHRA
NRP : 122021026P
Judul Tugas : PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR SEDIMEN SEBAGAI KARBON
AKTIF UNTUK ADSORPSI LOGAM Cu PADA AIR SUNGAI MUSI

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Teknik Kimia Pada Tanggal Dua Puluh Dua Bulan Agustus
Tahun Dua Ribu Dua Puluh Tiga
Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, 22 Agustus 2023

Ketua Penguji

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia

Ir. Ani Melani, M.T.
NIDN. 021056308

Ir. Robiah, M.T.
NIDN. 0008066401

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Ani Melani, M.T.
NIDN. 021056308

Ir. Robiah, M.T.
NIDN. 0008066401

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UMP

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP

Prof. Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T., IPM
NIDN. 0227077004

Ir. Robiah, M.T.
NIDN. 0008066401

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR SEDIMEN SEBAGAI KARBON AKTIF UNTUK
ADSORPSI LOGAM Cu PADA AIR SUNGAI MUSI**



OLEH :

RIZANTI FADILAH AZZAHRA (122021026P)

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Ir. Ani Melani, M.T.
NIDN 021056308

Pembimbing II

Ir. Robiah, M.T.
NIDN 0008066401

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia FT-UMP**

Ir. Robiah, M.T.
NBM/NIDN.1060755/0008066401

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR SEDIMEN SEBAGAI KARBON AKTIF UNTUK
ADSORPSI LOGAM Cu PADA AIR SUNGAI MUSI

Disusun oleh :

RIZANTI FADILAH AZZAHRA 122021026P

Telah diuji di hadapan tim penguji pada tanggal 22 Agustus 2023
Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Penguji :

1. Ir. Ani Melani, M.T. / 021056308
2. Dr. Eng. Mardwita., M.T. / 0023038208
3. Dr. Eko Ariyanto., M.Chem.Eng / 217067504

(Dygra)
(Mlyhpl)
(Suyant)

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik UMP


Prof. Dr. Ir. Kgs. A. Roni, S.T., MT., IPM., ASEAN Eng.
NBM/NIDN. 763049/0227077004

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Kimia


Ir. Robiah, M.T.
NIDN 1060755/0008066401

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizanti Fadilah Azzahra
Tempat/Tanggal Lahir : Kediri, 09 Agustus 2000
NIM : 122021026P
Prodi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Univeritas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana Strata 1 baik di Univeritas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Dalam skripsi ini terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Memberikan hak kepada perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara *full text* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Agustus 2023



Rizanti Fadilah Azzahra

PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR SEDIMEN SEBAGAI KARBON AKTIF UNTUK ADSORPSI LOGAM Cu PADA AIR SUNGAI MUSI

Rizanti Fadilah Azzahra¹, Ani Melani², Robiah³

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Palembang, Indonesia

¹rizantifadilah@gmail.com

²animelani2034@gmail.com

³superrobiah@gmail.com

Limbah lumpur sedimen merupakan residu yang dihasilkan dari proses sedimentasi di instalasi pengolahan air dan belum dimanfaatkan dengan baik di Indonesia. Limbah lumpur sebagian besar mengandung SiO_2 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, serta karbon yang mampu membentuk kompleks dengan ion logam berat, sehingga dapat diolah menjadi bahan baku karbon aktif untuk mengadsorpsi kandungan logam berat Tembaga (Cu). Air Sungai Musi yang merupakan air yang dipakai untuk aktivitas sehari-hari masyarakat kota Palembang ditemukan mengandung Cu dengan nilai 1,2531 ppm, masih di bawah ambang batas sebesar 2 ppm. Dikhawatirkan, cemaran logam berat yang diduga berasal dari cemaran industri akan berdampak buruk pada kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketinggian adsorben dan waktu kontak optimum untuk menurunkan kandungan Cu pada air Sungai Musi yang diaplikasikan dengan metode *fixed bed column adsorber*, serta menghasilkan produk karbon aktif dari limbah lumpur sedimen PDAM yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yang memiliki efektivitas adsorpsi yang baik dan dihasilkan kualitas olahan air bersih yang sesuai standar baku mutu. Penelitian ini menggunakan H_2SO_4 sebagai aktivator dengan variasi ketinggian adsorben 5 ; 10 ; 15 ; 20 dan 25 cm serta variasi waktu kontak selama proses adsorpsi selama 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; dan 50 menit. Kualitas karbon aktif yang dihasilkan memenuhi standar mutu karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air 3%, kadar abu total 4,8%, kadar zat volatil 5,3%, kadar karbon 86,9%, dan daya serap iod 1.282,3 mg/g. Berdasarkan penelitian, tinggi adsorben optimum sebesar 25 cm dan waktu kontak optimum selama 30 menit, dengan nilai efektivitas adsorpsi sebesar 84% dan berhasil menyerap logam Cu dengan konsentrasi awal *influent* sebesar 1,2531 ppm menjadi 0,1983 ppm.

Kata kunci : Limbah Lumpur Sedimen PDAM, Adsorben, Karbon Aktif, H_2SO_4 , Logam Cu, Air Sungai Musi

UTILIZATION OF ALUM SLUDGE WASTE AS ACTIVATED CARBON FOR ADSORPTION OF Cu METAL IN MUSI RIVER WATER

Rizanti Fadilah Azzahra¹, Ani Melani², Robiah³

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

¹rizantifadilah@gmail.com

²animelani2034@gmail.com

³superrobiah@gmail.com

ABSTRACT

Alum sludge waste is a residue resulting from the sedimentation process in a water treatment plant. The process of processing and disposing of sedimentary sludge waste is still traditional and has not been utilized properly in Indonesia. The content in the sludge waste is mostly SiO₂, Al(OH)₃, and carbon which can form complexes with heavy metal ions so that it can be processed into raw material for activated carbon to adsorb the heavy metal content of Copper (Cu). Musi River water, which is water used for daily activities by the people of Palembang city, was found to contain Cu with a value of 1.2531 ppm, still below the threshold of 2 ppm. It is feared that heavy metal contamination thought to originate from industrial activities will harm health. This study aims to determine the height of the adsorbent and the optimum contact time to reduce the Cu content in Musi River water using the fixed bed column adsorber method, as well as produce activated carbon products from alum sludge waste following SNI 06-3730-1995 which has the effectiveness good adsorption and produce quality processed clean water according to quality standards. This study used H₂SO₄ as an activator with variations in the height of the adsorbent 5; 10; 15; 20 and 25 cm and variations in contact time during the adsorption process for 10; 20; 30; 40; and 50 minutes. The quality of the activated carbon produced meets the quality standards of activated carbon based on SNI 06-3730-1995, namely 3% moisture content, 4.8% total ash content, 5.3% volatile matter content, 86.9% carbon content, and iodine absorption. 1,282.3 mg/g. Based on the research, the optimum adsorbent height was 25 cm and the optimum contact time was 30 minutes, with an adsorption effectiveness value of 84% and successfully adsorbed Cu metal from an initial influent concentration of 1.2531 ppm to 0.1983 ppm.

Keywords: Alum Sludge Waste, Adsorbents, Activated Carbon, H₂SO₄, Cu Metal, Musi River Water

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT. karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Lumpur Sedimen Sebagai Karbon Aktif Untuk Adsorpsi Logam Cu pada Air Sungai Musi”**

Tugas Akhir ini penulis buat sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang. Dalam melaksanakan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Atas bantuan, saran, dan bimbingan yang diberikan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Ir. Robiah, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Ir. Ani Melani, M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ibu Ir. Robiah, M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Dosen Teknik Kimia, selaku Dosen Pengajar Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
6. Kedua orang tua, adik, dan keluarga besar atas semua doa dan dukungannya dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan Teknik Kimia 2021 yang selalu kebersamai dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Tester yang selalu memberi semangat dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan

Tugas ini masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan, untuk itu penulis sangat terbuka untuk menerima saran serta kritik yang bersifat membangun agar dapat menjadi acuan untuk penulis dalam mengerjakan tugas yang lebih baik lagi di masa yang akan datang. Semoga tugas ini dapat memberikan wawasan dan pengetahuan baru bagi para pembaca, terutama rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik serta Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Palembang, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	8
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR GAMBAR.....	13
DAFTAR TABEL	12
DAFTAR NOTASI.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN	14
BAB I PENDAHULUAN.....	15
1.1. Latar Belakang.....	15
1.2. Rumusan Masalah	17
1.3. Tujuan Penelitian.....	17
1.4. Manfaat Penelitian.....	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Air Sungai Musi	Error! Bookmark not defined.
2.2. Adsorpsi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Karbon Aktif.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Limbah Lumpur.....	Error! Bookmark not defined.
2.5. Kolom Adsorpsi	Error! Bookmark not defined.
2.6. <i>Atomic Absorption Spechtrphotometry</i> (AAS) Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
2.7. Penelitian yang relevan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Waktu dan Tempat	Error! Bookmark not defined.
3.2. Analisa Awal	Error! Bookmark not defined.
3.3. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.4. Perlakuan dan Rancangan Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1. Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.2. Hasil Analisa Sampel Penelitian	Error! Bookmark not defined.

4.3. Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1. Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN I	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN II.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN III	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Parameter Fisik Pada Air Minum.....	5
Tabel 2.2 Parameter Kimia Pada Air Minum.....	5
Tabel 2.3 Standar Karbon Aktif.....	11
Tabel 2.4 Perbandingan Hasil Penelitian Relevan	17
Tabel 3.1 Uji Organoleptik dan Analisa Awal	18
Tabel 4.1 Uji Karakteristik Karbon Aktif Limbah Lumpur.....	26
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Cu pada Sampel Air Sungai Musi	26
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Logam Cu	27

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Desain Rangkaian Alat Filter Air Dengan Kolom Adsorber	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Karbonisasi Karbon Aktif Limbah Lumpur.....	21
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Aktivasi Karbon Aktif Limbah Lumpur.....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Adsorpsi Karbon Aktif Limbah Lumpur.....	23
Gambar 4.1. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efektivitas Adsorpsi	32
Gambar 4.2. Pengaruh Tinggi Adsorben Terhadap Efektivitas Adsorpsi	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN I (Data Pengamatan).....	41
LAMPIRAN II (Perhitungan).....	43
LAMPIRAN III (Gambaran Penelitian).....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah lumpur merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan air di instalasi pengolahan air, yang terbentuk akibat penambahan garam aluminium ke air baku untuk menghilangkan partikel koloid (Abba dkk., 2022). Instalasi pengolahan air pada umumnya memiliki unit sedimentasi yang berfungsi mengendapkan flok-flok yang terbentuk saat proses flokulasi sehingga didapat air dengan kekeruhan (*turbidity*) yang jauh menurun dibandingkan dengan air baku sebelum diolah. Tujuannya dalam proses pengolahan konvensional adalah mengurangi beban padatan setelah melewati proses koagulasi dan flokulasi sebelum masuk ke dalam filter. Adapun residu dari proses sedimentasi ini merupakan limbah lumpur yang belum banyak dilakukan pemanfaatan. Proses pengolahan dan pembuangan limbah lumpur aktif selama ini masih bersifat tradisional yang terbatas pada proses penguraian aerobik dan anerobik, penimbunan, pengomposan, *landfilling*, dan pembakaran (Setiawan dkk., 2021). Proses-proses pengolahan ini cenderung memakan lahan yang cukup besar, biaya yang relatif tinggi, serta menimbulkan masalah pencemaran sekunder ke lingkungan sehingga limbah lumpur sedimen belum dimanfaatkan dengan baik di Indonesia.

Sungai Musi merupakan sungai terpanjang di Provinsi Sumatera Selatan yang membentang melewati dua provinsi yaitu Bengkulu dan Sumatera Selatan. Masyarakat Sumatera Selatan umumnya menggunakan Sungai Musi sebagai sumber air bersih dalam kehidupan sehari – hari. Sungai Musi juga banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor seperti perikanan, perindustrian, perhubungan, transportasi, dan pemukiman. Akibat dari kegiatan sektor-sektor tersebut menimbulkan dampak buruk bagi ekosistem perairan, baik berupa perubahan fisik maupun kualitas dari air sungai itu sendiri. Menurunnya kualitas fisik dan kimia pada air Sungai Musi juga dapat disebabkan oleh masyarakat yang membuang sampah sembarangan ke sungai serta meningkatnya konsentrasi logam berat yang berasal dari industri yang ada disekitar Sungai Musi. Saat ini tercatat sekitar 20 industri yang berlokasi disepanjang aliran Sungai Musi diantaranya industri pupuk,

keramik, dok kapal, detergen, minyak, gas, cold storage, electroplating, industri minuman ringan, pengilangan minyak, pengolahan karet alam, kayu lapis, dan lain – lain (Wike, 2016).

Pencemaran air yang disebabkan oleh logam berat sangat berbahaya karena bersifat toksik dan dapat mengganggu ekosistem perairan. Salah satu logam berat pencemar yang ditemukan dalam kandungan air Sungai Musi logam Tembaga (Cu^{2+}). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes) tentang Persyaratan Air Minum No.492/MENKES/PER/IV/2010 yaitu baku mutu logam Cu^{2+} yang diperbolehkan dalam air minum maksimalnya adalah 2 mg/l. Tembaga (Cu (II)) merupakan salah satu ion logam berat yang dapat mencemari air. Tembaga memiliki sifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik yang memiliki kandungan berbahaya pada tubuh manusia seperti kerusakan hati, otak dan masalah saraf pusat (Setiawan dkk., 2021). Beberapa metode pengolahan limbah logam berat saat ini dapat dilakukan menggunakan metode ion exchange, presipitasi, membran filtrasi osmosis, serta adsorpsi. Dari beberapa jenis pengolahan tersebut metode adsorpsi memiliki kelebihan antara lain, ekonomis, ramah lingkungan serta dapat diregenerasi (Zare dkk., 2015).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas air adalah dengan melakukan proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses pengikatan suatu molekul dari fasa gas atau cairan ke dalam suatu adsorben dari suatu adsorbat (Arisna dkk., 2016). Salah satu jenis adsorben yang sering digunakan adalah karbon aktif. Arang atau karbon adalah hasil pembakaran tanpa oksigen (karbonisasi) yang berupa residu padat hitam dan berpori yang dihasilkan melalui penguraian bahan organik dengan menghilangkan air dan komponen *volatile* (Syauqiah dkk., 2011). Keunggulan karbon aktif adalah kapasitas dan daya serapnya yang besar, karena struktur pori dan keberadaan gugus fungsional kimiawi di permukaan arang aktif seperti C=O, C, dan CH. Kualitas arang aktif ditunjukkan dengan nilai daya serap iod di mana berdasarkan ketentuan dari SNI 06-3730-1995 arang aktif dinilai berkualitas bilamana nilai daya serap iodnya mendekati 750 mg/g atau lebih. Pemanfaatan limbah lumpur sedimen yang cukup melimpah merupakan alternatif untuk menghasilkan adsorben karbon aktif yang ekonomis serta prosesnya yang sederhana.

Adapun dalam aplikasinya, karbon aktif biasa digunakan pada bagian filter air untuk menjerap bahan kimia terlarut, kekeruhan, bau, dan kandungan logam pada air. Untuk itu, dilakukan penelitian pemanfaatan limbah lumpur sedimen untuk penjerap logam Cu^{2+} dalam air Sungai Musi yang diaplikasikan sebagai karbon aktif pada kolom adsorber dalam filter air dengan modifikasi tinggi unggun adsorben dan waktu pengontakan air sampel dan adsorben untuk mengetahui efektivitas adsorpsinya.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi ketinggian *packing* adsorben (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, dan 25 cm) dan waktu kontak (10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit) dalam proses adsorpsi logam Cu (II) pada air sungai musu di dalam kolom terhadap efektivitas adsorpsinya (SNI 3553, 2015).

1.3. Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh variasi ketinggian *packing* adsorben (5 cm, 7 cm, 9 cm, 11 cm, dan 14 cm) dan waktu kontak (10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit) dalam proses adsorpsi logam Cu (II) pada air sungai musu di dalam kolom terhadap efektivitas adsorpsinya (SNI 3553, 2015).

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah lumpur sedimen dengan mengolahnya menjadi teknologi tepat guna demi mengurangi volumenya di lingkungan serta membantu pengolahan air bersih di daerah sekitar perairan Sungai Musi bagi masyarakat terdampak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abba, A. B., Saggai, S., Touil, Y., Al-Ansari, N., Kouadri, S., Nouasria, F. Z., Najm, H. M., Mashaan, N. S., Eldirderi, M. M. A., & Khedher, K. M. (2022). Copper and Zinc Removal from Wastewater Using Alum Sludge Recovered from Water Treatment Plant. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(16). <https://doi.org/10.3390/su14169806>
- Al-Qodah, Z., & Shawabkah, R. (2009). PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF GRANULAR ACTIVATED CARBON FROM ACTIVATED SLUDGE. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, *26*(01), 127–136.
- Arisna, R., Zaharah, T. A., & Rudiyansyah. (2016). ADSORPSI BESI DAN BAHAN ORGANIK PADA AIR GAMBUT OLEH KARBON AKTIF KULIT DURIAN RISA. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, *5*(3), 31–39.
- Chen, X., Jeyaseelan, S., & Graham, N. (2002). Physical and chemical properties study of the activated carbon made from sewage sludge. *Waste Management*, *22*(7), 755–760. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(02\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(02)00057-0)
- Destyorini, F., Suhandi, A., Subhan, A., & Indayaningsih, N. (2010). PENGARUH SUHU KARBONISASI TERHADAP STRUKTUR DAN KONDUKTIVITAS LISTRIK ARANG SERABUT KELAPA. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, *10*(242), 122–132.
- Filho, A. V., Kulman, R. X., Tholozan, L. V., de Almeida, A. R. F., & da Rosa, G. S. (2020). Preparation and characterization of activated carbon obtained from water treatment plant sludge for removal of cationic dye from wastewater. *Processes*, *8*(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/pr8121549>
- Ginting, S. B., Syukur, S. D., & Yulia, Y. (2017). Kombinasi Adsorben Biji Kelor - Zeolit Alam Lampung untuk Meningkatkan Efektivitas Penjerapan Logam Pb dalam Air secara Kontinu pada Kolom Fixed Bed Adsorber. *Jurnal Rekayasa Proses*, *11*(1), 1. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.23154>
- Istighfarini, S. A. E., Daud, S., & Hs, E. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *JOM FTEKNIK*, *1*(2004), 1–8.
- Kardiman, K., La Ifa, L. I., & Rasyid, R. (2019). PEMBUATAN ADSORBEN DARI SABUT KELAPA SEBAGAI PENYERAP LOGAM BERAT Pb(II). *ILTEK : Jurnal Teknologi*, *14*(2), 2083–2087. <https://doi.org/10.47398/iltek.v14i2.421>
- Manurung, M., Ratnayani, O., & Prawira, R. A. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu dengan Aktivator ZnCl₂. *Cakra Kimia*, *7*(2), 122–129.
- Maulinda, L., ZA, N., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *4*(2), 11. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.69>
- Menkes RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas air Minum. In *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*.
- Mohammad-Khah, A., & Ansari, R. (2009). Activated Charcoal : Preparation , characterization and Applications : A review article. *International Journal of ChemTech Research*, *1*(4), 859–864.

- Özhan, A., Şahin, Ö., Küçük, M. M., & Saka, C. (2014). Preparation and characterization of activated carbon from pine cone by microwave-induced ZnCl₂ activation and its effects on the adsorption of methylene blue. *Cellulose Journal*, 21(4), 2457–2467. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0299-y>
- Patel, H. (2019). Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. *Applied Water Science*, 9(3), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0927-7>
- Putri, W. A. E., Bengen, D. G., Prartono, T., & Riani, E. (2015). KONSENTRASI LOGAM BERAT (Cu DAN Pb) DI SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 453–464.
- Setiawan, A., Iqbal, M., Bawafi, A., Ramadani, T. A., & Santiasih, I. (2021). Sintesis Karbon Aktif Limbah Lumpur Aktif Industri Gula sebagai Adsorben Limbah Logam Berat Cu (II). *42(3)*, 316–324. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i3.36031>
- Shen, C., Zhao, Y., Li, W., Yang, Y., Liu, R., & Morgen, D. (2019). Global profile of heavy metals and semimetals adsorption using drinking water treatment residual. *Chemical Engineering Journal*, 372(May), 1019–1027. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.04.219>
- Siringo-Ringo, E. P. (2019). PENGARUH WAKTU KONTAK, pH DAN DOSIS ADSORBEN DALAM PENURUNAN KADAR Pb DAN Cd MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI KULIT PISANG. Universitas Sumatera Utara.
- Sulaiman, A., Gupta, A. K., & Basheer, A. B. (2009). A fixed bed sorption system for defluoridation of ground water. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 3(1), 17–22. <https://doi.org/10.4090/juee.2009.v3n1.017022>
- Suziyana, Daud, S., & HS, E. (2017). Pengaruh Massa Adsorben Batang Pisang dan Waktu Kontak Adsorpsi Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe dan Kapasitas Adsorpsi Pada Pengolahan Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–9.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). ANALISIS VARIASI WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUK PADA PROSES ADSORPSI LIMBAH LOGAM BERAT DENGAN ARANG AKTIF. *INFO TEKNIK*, 12(1), 11–20.
- Sylvia, N., Meriatna, Hakim, L., Fitriani, & Fahmi, A. (2017). KINERJA KOLOM ADSORPSI PADA PENJERAPAN TIMBAL (Pb²⁺) DALAM LIMBAH ARTIFISIAL MENGGUNAKAN CANGKANG KERNEL SAWIT. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 185–190.
- Tay, J. H., Chen, X. G., Jeyaseelan, S., & Graham, N. (2001). Optimising the preparation of activated carbon from digested sewage sludge and coconut husk. *Chemosphere Journal*, 44(1), 45–51. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00383-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00383-0)
- Yuliusman, Farouq, F. Al, Sipangkar, S. P., Fatkhurrahman, M., & Putri, S. A. (2020). Preparation and characterization of activated carbon from corn stalks by chemical activation with KOH and NaOH. *AIP Conference Proceedings*, 2255(978-0-7354-2014). <https://doi.org/10.1063/5.0014403>
- Zhang, L., Liu, J., & Guo, X. (2017). Investigation on mechanism of phosphate removal on carbonized sludge adsorbent 27 © 2017. *Journal of Environmental Sciences*, 30, 1–10.
- Zuhroh, N. (2015). ADSORPSI KROM (VI) OLEH ARANG AKTIF SERABUT KELAPA (*Cocos nucifera*) SERTA IMOBILISASINYA SEBAGAI CAMPURAN BATAKO (Issue Vi). Universitas Negeri Semarang.