

OPTIMALISASI PENURUNAN KADAR LOGAM BERAT Cu, Cd, DAN Pb PADA LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN AMPAS KOPI, KITOSAN, DAN BIJI ASAM

(Program Optimization of Reducing Cu, Cd, and Pb Heavy Metal Levels in Liquid Waste Using Coffee Grounds, Chitosan, and Tamarind Beans Studi Magister Teknik Kimia, Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia)

Syamsul Bakhri, Nurmala Sari Manra

¹*Program Studi Magister Teknik Kimia, Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km4 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Inti Sari

Pesatnya perkembangan kawasan Industri di Indonesia. Hal ini tentunya dapat menimbulkan dampak negatif jika limbah hasil produksi berupa logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, tidak dikelola dengan baik. Penurunan kadar logam Cu, Cd, dan Pb dapat dilakukan dengan menggunakan metode bioadsorpsi, yaitu pemanfaatan ampas kopi, biji asam dan kitosan sebagai adsorben, dimana massa dan waktu kontak adsorben sebagai variabel. Hasil dari kajian akan dirangkumkan Sehingga memudahkan pembaca dalam memahaminya. Tingkat efektivitas penurunan tertinggi karbon aktif ampas kopi dan biji asam yaitu pada kelompok waktu kontak 120 menit yang mencapai 99,96% penyerapan logam Cu dan 97,60% penyerapan logam Cd, sedangkan untuk kitosan yaitu pada waktu 100 menit mencapai 99,4179 % penyerapan logam Cu dan logam Pb mencapai 94,53 % dengan waktu kontak 60 menit.

Kata Kunci: Ampas Kopi, Kitosan, Biji Asam, Logam Berat

Key Words : Coffee Grounds; Chitosan; Tamarind Beans; Heavy Metals

Abstract

The rapid development of industrial areas in Indonesia. This can of course have a negative impact if production waste in the form of heavy metals which can cause environmental pollution, is not managed properly. Reducing Cu, Cd and Pb metal levels can be done using the bioadsorption method, namely the use of coffee grounds, tamarind seeds and chitosan as adsorbents, where the mass and contact time of the adsorbent are variables. The results of the study will be summarized to make it easier for readers to understand. The highest level of effectiveness for reducing activated carbon from coffee grounds and tamarind seeds was in the 120 minute contact time group which achieved 99.96% absorption of Cu metal and 97.60% absorption of Cd metal, while for chitosan, namely at 100 minutes, it reached 99.4179% absorption. Cu metal and Pb metal reached 94.53% with a contact time of 60 minutes.

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

*Corresponding Author

syamsul.bakhri.fti@umi.ac.id



Paper received :25 Agustus 2023
Received in revised :15 September 2023
Accepted :27 Oktober 2023

PENDAHULUAN

Perindustrian adalah bagian komponen perekonomian yang penting di Indonesia (Seha, 2017). Perindustrian memungkinkan perekonomian Indonesia berkembang pesat dan semakin baik, sehingga membawa perubahan dalam struktur perekonomian nasional. Hasil proses industri ini tentunya selain memberikan keuntungan, juga memiliki dampak negatif yaitu terjadinya pencemaran lingkungan (Seha, 2017). Pencemaran lingkungan (Bakhri, et al., 2023) ditandai dengan adanya bahan kimia dengan kadar tertentu yang dapat merubah keadaan lingkungan, baik keadaan struktur maupun fungsinya, sehingga mengganggu kesejahteraan manusia (Bakhri, et al., 2023). Pencemaran yang paling mudah terlihat yang beresiko merusak lingkungan (Mapparessa, et al., 2023) seperti sampah plastik, kertas, dan bekas makanan..

Pencemaran lingkungan (Bakhri, et al., 2024) akibat limbah industri harus dikendalikan dan dikaji secara mendalam, agar kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya dapat terpelihara (Bakhri, et al., 2023). Tindakan untuk pengendalian dan pemantauan dampak lingkungan adalah melakukan analisis unsur-unsur (Bakhri, et al., 2024) yang mencemari kandungan sampel lingkungan yang tercemar (Bakhri, et al., 2024) oleh limbah industri tersebut, terutama pada kandungan logam beratnya, sehingga nantinya dapat mengevaluasi tingkat pencemaran yang terjadi (Bakhri, et al., 2024). Permasalahan besar yang terjadi akibat fenomena alam dan industrialisasi adalah pencemaran logam berat seperti cadmium, merkuri, arsen, aluminium, dan timbal, karena bersifat toksik bagi kelangsungan hidup makhluk hidup (Putra, et al., 2022). Besarnya kandungan logam berat dapat disebut sebagai limbah (Bakhri, et al., 2022). Pengelompokkan limbah (Bakhri, et al., 2022), yaitu limbah cair, padat, gas, dan B3, yang umumnya mengandung 99,9% komponen air dan 0,1% padatan. Bahan padatan ini memiliki kandungan 70% organik dan 30% anorganik (Perdanawati Pitoyo, 2016). Pengolahan limbah yang kurang baik, beresiko terjadi pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (Mapparessa, et al., 2023).

Timbal adalah pencemar yang berbahaya dan beracun (Putra, et al., 2022), bahkan mencemari akan merusak kelangsungan hidup organisme perairan (Arkianti, 2019) dan berpengaruh terhadap biota perairan (Putra, et al., 2022). Limbah timbal terjadi akibat aktifitas transportasi, dimana timbal yang dilepas ke udara akan larut dalam air dan laut (Harmesa, 2021), bahkan mempengaruhi pertumbuhan manusia (Hill, 2020).

Adapun logam berat tembaga, ditemukan dari proses pemurnian dan elektrolisis dari bijihnya (Nuriadi, 2013). Logam berat tembaga termasuk limbah industri sehingga kadar logam ini dalam limbah cair yang diperbolehkan sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 adalah sebesar 3 mg per liter (Pratiwi, 2015). Logam tembaga juga dapat mengakibatkan kematian fitoplankton (Samosir, 2019), sehingga perlu untuk diminumalkan kadarnya melalui proses bioadsorben.

Adapun logam berat cadmium (Cd), selain bermanfaat untuk tekstil, cat, dan kembang api (Dewa, 2015), juga bersifat limbah yang berbahaya jika tercampur dengan air, bahkan dapat mengakibatkan pencemaran udara jika udara bercampur dengan asap yang mengandung logam ini (Dewa, 2015). Terdapatnya ketiga logam berat tersebut, dapat diturunkan kadarnya dengan menggunakan proses adsorpsi.

Limbah cair yang mengandung logam berat, dapat diolah melalui tahap adsorpsi (Samosir, 2019). Adsorpsi adalah proses pemisahan dari fase cair ke fase padat yang menyerap pada suatu komponen tertentu (Supraptiah, et al., 2014). Bahan yang diserap disebut adsorbat dan bahan yang berfungsi sebagai penyerap disebut adsorben (Bakhri, et al., 2021). Dewasa ini untuk menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair, digunakan bahan alami. Beberapa bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben karena memiliki biaya murah adalah ampas kopi, kitosan dan biji asam.

Ampas kopi adalah bahan organik yang dapat berfungsi sebagai penyerap atau adsorben (Baryatik, et al., 2019). Cara agar ampas kopi dapat dijadikan adsorber (Limantara, 2019) adalah mengubah ampas kopi menjadi arang aktif pada suhu tinggi (Baryatik, et al., 2019). Hal ini terjadi karena ampas kopi memiliki karbon yang dapat dibuat menjadi arang aktif.

Adapun kitosan, adalah senyawa bipolimer yang dimanfaatkan pada industri kimia sebagai adsorber, yang banyak dihasilkan dari hewan laut dari proses deasetilasi kitin (Thariq, 2016). Kitosan memiliki daya hambat pertumbuhan mikroba dan bentuknya yang hampir sama dengan selulosa (Thariq, 2016). Adapun biji asam, banyak peneliti memanfaatkannya sebagai adsorben (Siburian, et al., 2014). Biji asam yang

diaktivasi, dapat berperan sebagai penyerap logam berat seperti kromium (Siburian, et al., 2014), bahkan dapat memiliki daya pengendapan yang cepat.

Berdasarkan hal di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat Cu, Pb, dan Cd pada limbah cair menggunakan ampas kopi, kitosan, dan biji asam, melalui studi literatur

METODE PENELITIAN

1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian literature. Review adalah sistem yang digunakan dalam perolehan data tentang hubungan penurunan kadar logam berat dengan pemanfaatan bioadsorben. Hasil yang diukur dalam penelitian ini ada hubungan antara waktu dan konsentrasi. Berikut adalah Metode Literature Review diantaranya :

- 1) **Strategi Perolehan Data**, Penelusuran artikel publikasi menggunakan kata kunci adsorben, pemanfaatan produk pangan sebagai bioadsorben, pengolahan limbah cair dan logam berat. Penelitian ini menggunakan literatur terbitan 2012 - 2024 dengan kriteria artikel atau jurnal ilmiah dengan subjek penurunan logam menggunakan bioadsorben.
- 2) **Penelusuran Jurnal**, Peneliti menemukan lebih dari 20 artikel dengan kata kunci pengolahan limbah cair, sebanyak 10 dengan kata kunci pengolahan limbah cair menggunakan bioadsorben serta 10 artikel terkait Ampas kopi, Biji asam serta Kitosan sebagai adsorben logam berat.
- 3) **Analisa Data**, Penelitian ini dilakukan dengan mengelompokkan data-data hasil riset yang sejenis dan sesuai dengan obyek riset, kemudian dibuat ringkasan dalam bentuk artikel ilmiah yang mencakup nama peneliti, tahun publikasi, metode, dan pembahasan. Ringkasan artikel diperoleh dengan cara menarik kesimpulan yang tertera pada tabel perlakuan adsorben terhadap logam berat dari sumber jurnal atau buku.

Beberapa jurnal tersebut merupakan penelitian yang merujuk pada bioadsorpsi dengan pemanfaatan limbah. Pemanfaatan limbah merupakan salah satu cara untuk mengurangi masalah lingkungan dengan cara mendaur ulang (*recycling*). Daur ulang adalah penggunaan kembali material atau barang yang sudah tidak terpakai menjadi produk lain yang bermanfaat. Peneliti ingin membuat adsorben dari limbah ampas kopi, biji asam, dan kitosan cangkang kepiting, dengan demikian limbah tersebut dapat dimanfaatkan dan sebagai solusi masalah limbah lainnya.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat potensi pemanfaatan ampas kopi, biji asam, dan kitosan menjadi adsorben serta kondisi optimum proses adsorpsi dalam menurunkan logam berat Cd, Pb, dan Cu dalam limbah cair. Penelitian ampas kopi dan biji asam ini dilakukan dalam 4 proses meliputi persiapan bahan baku (Bakhri, et al., 2023), aktivasi adsorben, penyerapan logam dan pengujian. Persiapan bahan baku berupa pencucian, pengeringan, pengecilan ukuran partikel, serta karbonisasi. Aktivasi adsorben meliputi penambahan larutan aktivator, penyerapan logam berupa proses kontak antara adsorben menempel pada permukaan molekul limbah cair serta pengujian meliputi penggunaan AAS dalam perhitungan daya serap untuk menentukan massa logam yang terserap. Sedangkan kitosan dilakukan dalam 2 proses, diantaranya persiapan bahan baku dan pengujian menggunakan AAS.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk studi literatur selama 3 bulan (Maret hingga Juni 2020) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia Makassar, dilanjutkan selama 2 bulan (Januari hingga Februari 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Ampas Kopi sebagai Adsorben

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya adsorben dari ampas kopi (Bakhri, et al., 2024) diproses menjadi arang aktif melalui proses aktivasi dan karbonisasi. Bahan baku yang berasal dari bahan organik dapat dibuat menjadi bahan arang aktif karena mengandung karbon, baik karbon bebas maupun karbon aktif. Karbon aktif dari ampas kopi mempunyai permukaan yang luas sehingga memiliki daya serap yang sangat baik. Adsorber dari ampas kopi banyak digunakan di industri yang memiliki limbah logam berat (Baryatik, et al., 2019).

Menurut (Baryatik, et al., 2019), bahwa karbon yang dimiliki ampas kopi dapat menyerap ion logam berat dengan baik. proses adsorpsi pada ampas kopi berfungsi sangat baik dalam menyerap ion logam berat memiliki

karbon yang berfungsi menyerap logam cadmium (Cd). Hasil penurunan kadar Cd dalam air sumur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penurunan Kadar Logam Cd dalam Air Sumur

Perlakuan	Kadar Cd (mg/L)	Penurunan Kadar Cd (mg/L)	Persentase penurunan Cd (%)
Kontrol	545×10^{-3}	-	-
P1	432×10^{-3}	113×10^{-3}	20,7
P2	374×10^{-3}	171×10^{-3}	31,4
P3	241×10^{-3}	304×10^{-3}	55,7

Keterangan, P = Kadar Adsorben, P3 > P2 > P1

Sumber : (Baryatik, et al., 2019)

Berdasarkan tabel di atas, Konsentrasi optimum yang dapat menurunkan kadar Cd dalam air sumur adalah P3 atau kandungan adsorben yang besar, yaitu 55,7% (Baryatik, et al., 2019). Semakin besar konsentrasi adsorben ampas kopi, maka semakin baik dalam menyerap dan menurunkan kadar logam berat dalam air sumur.

Selain logam berat Cd, ampas kopi juga mampu menyerap dan menurunkan kadar Cu di air laut. Menurut (Samosir, 2019), bahwa semakin besar kadar ampas kopi yang digunakan dan semakin lama waktu perendaman, maka semakin besar pula penurunan kadar Cu dalam air laut. Pernyataan ini diperkuat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penurunan Kadar Logam Cu Dalam Air Laut

Kadar ampas kopi (gram)	Waktu perendaman (Jam)	Penyerapan Tembaga Cu (%)
0,5	0,25	99,28
	0,50	95,70
	1,00	98,79
	1,50	99,50
	2,00	99,72
1,0	0,25	97,98
	0,50	95,39
	1,00	98,66
	1,50	99,46
	2,00	99,92
2,0	0,25	97,04
	0,50	96,83
	1,00	98,57
	1,50	99,94
	2,00	99,96

Sumber : (Samosir, 2019)

Berdasarkan tabel di atas, bahwa ketiga perlakuan di atas memiliki daya serap logam Cu yang besar di air laut. Dari ketiga perlakuan tersebut, konsentrasi adsorben ampas kopi yang optimum terjadi pada kadar 2 gram dan waktu perendaman 2 jam. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar logam Cu pada air laut yang optimum terjadi pada konsentrasi adsorben 2 gram dengan waktu perendaman 2 jam, yaitu 99,96%.

2. Biji Asam sebagai Adsorben

Menurut (Wijaya & Ulfin, 2015), bahwa adsorben biji asam dapat menyerap ion cadmium (Cd^{+2}) melalui dua proses, yaitu *chemisorption* dan *physisorption*. Terjadinya proses *chemisorption* jika permukaan adsorben biji asam menyerap ion cadmium (Cd^{+2}), sedangkan terjadinya proses *physisorption* jika pori pada adsorben biji asam menyerap ion kadmium (Cd^{+2}).

Menurut (Jayanti, et al., 2016), bahwa kadar adsorben biji asam yang rendah dapat menyerap logam timbal yang baik karena biji asam merupakan jenis adsorben yang cepat jenuh. Jika konsentrasi adsorben biji asam mencapai jenuh, maka daya serap pada logam timbal lebih baik dibandingkan konsentrasi adsorben biji asam yang besar (Jayanti, et al., 2016). Pernyataan dari hasil penelitian (Jayanti, et al., 2016) mirip dengan pernyataan dari hasil penelitian (Wildania, 2017), bahwa semakin rendah konsentrasi adsorben biji asam dengan waktu koagulasi (pengendapan) yang lama maka daya serap logam timbal semakin baik.

3. Kitosan sebagai Adsorben

Menurut pernyataan dari hasil penelitian (Darmawan, et al., 2019), bahwa semakin besar konsentrasi kitosan dari kulit kupang putih dan semakin lama waktu kontakannya, maka semakin tinggi daya serap logam tembaga. Pernyataan ini dibuktikan dengan tampilan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Daya Serap Kitosan terhadap Tembaga (mg)

Massa adsorben (mg)	Waktu (jam)				
	0,33	0,66	1,00	1,33	1,66
700	3,10	3,15	3,2	3,41	3,45
1000	3,60	3,62	4,4	4,96	4,97
1300	4,13	5,16	4,81	6,31	6,41
1600	7,01	7,86	7,15	7,04	7,81
1900	8,03	8,34	8,67	8,78	8,52

Sumber (Darmawan, et al., 2019)

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa kadar daya serapan terbesar terhadap logam tembaga adalah 8,52 mg, terjadi pada kadar adsorben 1900 mg dan waktu adsorbs selama 1,66 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi adsorben yang digunakan dan semakin lama proses adsorbsi yang terjadi maka logam tembaga yang teradsorbsi juga semakin banyak (Darmawan, et al., 2019).

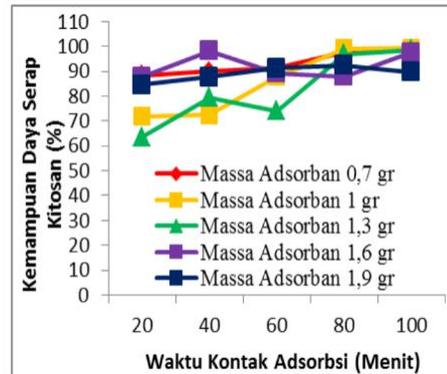
Tabel 4. Persentase Daya Serap Kitosan terhadap Tembaga (%)

Massa Adsorben (mg)	Waktu (jam)				
	0,33	0,66	1,00	1,33	1,66
700	88,48	90,07	91,42	97,53	98,63
1000	71,92	72,43	87,94	99,15	99,42
1300	63,61	79,39	74,05	97,01	98,70
1600	87,68	98,28	89,41	88,03	97,63
1900	84,54	87,83	91,29	92,38	89,70

Sumber : (Darmawan, et al., 2019)

Berdasarkan di atas, terlihat penambahan secara konstan kadar adsorben yang digunakan memiliki persentase daya serap logam tembaga yang fluktuatif (Darmawan, et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan atau pengurangan kadar adsorben tidak bisa ditentukan persentase daya serap logam tembaga yang optimum. Terlihat juga bahwa setiap kenaikan waktu adsorbsi pada setiap perlakuan dan penggunaan kadar adsorben, terjadi peningkatan persentase daya serap logam tembaga. Hal ini menunjukkan bahwa persentase daya serap logam tembaga akan semakin tinggi jika waktu proses adsorbsinya semakin lama (Darmawan, et al., 2019).

Fluktuatifnya persentase daya serap logam tembaga pada tiap perlakuan dan penggunaan kadar adsorben kitosan, dan terjadinya kenaikan persentase daya serap logam tembaga oleh adsorben kitosan pada tiap kenaikan waktu adsorpsi, terlihat jelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu penyerapan dengan persentase daya serap tembaga pada kadar adsorben yang berbeda (Darmawan, et al., 2019)

KESIMPULAN

Ampas kopi, Biji asam dan Kitosan memiliki potensi untuk menjadi adsorben yang dapat menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair. Hal ini dilihat dari karakteristik fisik dan kimia dari arang aktif ampas kopi, arang aktif biji asam, serta kitosan. Hasil daya serap adsorben terhadap limbah semakin meningkat dan berbanding lurus dengan konsentrasi adsorben serta lama perendaman. Adapun tingkat efektivitas penurunan tertinggi karbon aktif ampas kopi dan biji asam yaitu pada kelompok waktu kontak 120 menit yang mencapai 99,96% penyerapan logam Cu dan 97,60% penyerapan logam Cd. Sedangkan untuk kitosan tingkat efektivitas penurunan tertinggi pada waktu 100 menit mencapai 99,4179 % penyerapan logam Cu dan logam Pb mencapai 94,53 % dengan waktu kontak 60 menit

DAFTAR PUSTAKA

- Arkianti, N., Dewi, N.K., & Tri Martuti, N.K.. 2019. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science*,8(1). 65-74.
- Bakhri, S., Mahdang, A.F., Kaseng, A.S. 2021. Pembuatan Hand Soap Dengan Proses Saponifikasi Dengan Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Arang Aktif. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (JTPHP) USM*, 16(2). 44-49.
- Bakhri, S., Maskar, R., Azhar, M., Suryanto, A., Gusnawati., Nurjannah., Munira., Chalik, C.A., Ismail, S.F., Ramadhani, A.F.S. 2024. PkM Pemanfaatan Limbah Kulit Telur Menjadi Pupuk Organik Pada Kelompok Tani Di desa Paddinging Kecamatan Sanrobone Kabupaten Takalar. *PANRITA ABDI Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 8(1). 19-29.
- Bakhri, S., Rasyid, R., Lisa., Lestari, T.I.W. 2023. Pengaruh Penambahan Minyak Zaitun dan Minyak Jarak Pada Pembuatan Hand Soap Berbasis Minyak Jelantah Dengan Proses Saponifikasi. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan (JIHP) Kementerian Perindustrian*, 18(2). 16-23.
- Bakhri, S., Suryanto, A., Gusnawati., Burhanuddin, I.R., Asmin, R.A. 2024. Transformasi Ampas Kopi Menjadi Body Scrub. Penerbit : Yayasan Cendekia Muslim.
- Baryatik, P., Moelyaningrum, A.D., Asihta, U., Nurcahyaningih, W. 2019. Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1). 11-19.
- Behnam, S., Karimi, K; Zamani, A., Zeinabad, A Mehrabani. 2015. AStudy onBiosorption of Copper Ions by Fungal Chitosan: An Alternative to Shrimp Chitosan. *Biological Journal of Microorganism*, 3(12).
- Darmawan, F..R.P., Nurentama, F., Susilowati, T. 2019. Adsorpsi Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Kitosan Dari Limbah Cangkang Kupang Putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 14(1). 16-21.

- Dewa, R. P., Hadinoto, S., Torry, Febry R. 2015. Analisa Kandungan Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon Analyze Of Timbale (Pb) And Cadmium (Cd) On Water Mineral In Ambon City. *Majalah Biam*, 11(2). 76-82.
- Harmesa, & Cordova, M. R. 2021. A Preliminary Study on Heavy Metal Pollutants Chrome (Cr), Cadmium (Cd), and Lead (Pb) in Sediments and Beach Morning Glory Vegetation (*Ipomoea pes-caprae*) from Dasun Estuary, Rembang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. Kota Rembang.
- Hill, D. T., Petroni, M., Larsen, D. A., Bendinskas, K., Heffernan, K., Atallah-Yunes, N., Parsons, P. J., 2020. Linking Metal (Pb, Hg, Cd) Industrial Air Pollution Risk to Blood Metal Levels and Cardiovascular Functioning and Structure Among Children in Syracuse, NY. *Environmental Research*. NY.
- Jayanti, S., Sumarn, N.K., Musafira. 2016. Kajian Aktivasi Arang Biji Asam Jawa Menggunakan Aktivator H_3PO_4 Pada Penyerapan Logam Timbal. *KOVALEN Jurnal Roset Kimia*, 1(1). 13-19.
- Limantara, J., Tedjokoemo, P. E. D., Rizqy, M. T., Studi, P., Interior, D., Petra, U. K., Siwalankerto, J., & Penelitian, A. M.. 2019. Penggunaan Ampas Kopi Sebagai Material Alternatif Pada Produk Interior. *Jurnal Intra*, 7(2). 846-849.
- Mapparessa, S.B., Sabara, Z., Suryanto, A., Lisa., Lestari, T.I.W. 2023. Pengujian Antimikroba, Kelembaban, Tingkat Iritasi, dan Tinggi Busa pada Hand Soap Berbasis Minyak Jelantah dan Zaitun. *KOVALEN Jurnal Riset Kimia*, 9(2). 113-121.
- Nuriadi, N., Napitupulu, M., & Rahman, N. 2013. Analisis Logam Tembaga (Cu) Pada Buangan Limbah Tromol (Tailing) Pertambangan Poboya. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(2). 90-96.
- Perdanawati, P. N., Arthana, I. W., & Sudarma, I. M.. 2016. Kinerja Pengelolaan Limbah Hotel Peserta Proper Dan Non Proper Di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. *Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal Of Environmental Science)*, 3(1). 1-10.
- Pratiwi, A., Yusuf, B., & Gunawan, R. 2015. Analisis Perubahan Kadar Logam Tembaga (Cu) Pada Penambahan Ion Perak (Ag) Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13. 4-6.
- Putra, M.D.N., Widada, S., Atmodjo, W. 2022. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dasar Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*, 04(05). 13-21.
- Samosir, A. F., Yulianto, B., & Suryono, C. A.. 2019. Arang Aktif Dari Ampas Kopi Sebagai Adsorben Logam Cu Terlarut Dalam Skala Laboratorium. *Journal Of Marine Research*, 8(3). 237-240.
- Seha, L. N. 2017. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Presipitasi Dan Fitoremediasi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat Dan Cod. Tesis, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Supraptiah, E., Ningsih, Aisyah, S., Fatria., Amaliah, U. 2014. Penyerapan Logam Pb Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Cangkang Kemiri Sebagai Adsorben. *Jurnal Kinetika*, 5(Maret). 9-13.
- Supriyantini, E., Yulianto, B., Ridlo, A., Sedjati, S., & Nainggolan, A. C.. 2018. Pemanfaatan Chitosan Dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Kelautan Tropis*, 12(1).
- Syamsul, B., Gusawati, G., Lisa., Lestari, T.I.W., Zainal, Z., Fidyah, N. 2023. Pembuatan Handsoap Antibakteri Dan Pelembap Kulit Berbasis Minyak Jelantah Dan Minyak Zaitun Dengan Proses Saponifikasi. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (JTPHP) USM*, 18(1). 10-18
- Syamsul, B., Jaya, F., Gusnawati., Anafsia, W.U., Aulia, N.A. 2022. Proses Saponifikasi Berbasis Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Hand Soap Antibakteri. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 1(4). 882-890.
- Syamsul, B., Mustafiah, M., Darnengsih, D. 2023. PKM Pengelolaan Hasil Panen Jagung Pada Kelompok Tani Assamaturu Di Desa Paddinging Kecamatan Sanrobone Kabupaten Takalar. *Idea Pengabdian Masyarakat*, 3(02). 44-49
- Syamsul, B., Padhila, N.I., Novitasari., Mansyu, V.F. 2023. Transformasi Minyak Jelantah Menjadi Lilin Aromaterapi. *Osf*.
- Thariq, M. R. A., Fadli, A., Rahmat, A., & Handayani, R.. 2016. Reviewe : Pengembangan Kitosan Terkini Pada Berbagai Aplikasi Kehidupan. *Jurnal Teknologi Pangan*. 4-11.
- Wijaya, V. C., dan Ulfan, I. 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). C86-C89.
- Wildania, S. Y. 2017. Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Sebagai Koagulan Alternatif Pada Larutan $Pb(NO_3)_2$. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember. Kota Jember.
- Seha, L. N. 2017. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Presipitasi Dan Fitoremediasi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat Dan Cod. Tesis, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.