

Kombinasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata X Balbiana*) sebagai Bioadsorben Air yang Mengandung Larutan Pb dan Larutan Cd

Andi Husnul Khatimah¹, Andi Kesya Khair Az-Zahra², Erniwati³, Hasnah^{4*}

^{1,2,3,4}MAN 2 Kota Makassar

*Email: 181kcw@gmail.com

Abstrak

Di beberapa wilayah di Indonesia, air yang dikonsumsi oleh masyarakat telah terkontaminasi logam berbahaya seperti Pb dan Cd yang berasal dari berbagai sumber akibat penggunaan agrokimia yang berlebihan dan limbah industri. Hal ini tentu sangat berbahaya karena kualitas air sangat penting bagi kesehatan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang kepok dalam menurunkan kadar Pb dan Cd untuk membantu mengatasi sejumlah permasalahan pencemaran air akibat logam berbahaya. Percobaan dilakukan dengan mengombinasikan biji kelor dan kulit pisang kepok menggunakan teknik koagulasi dan flokulasi. Proses percobaan dilakukan dengan berbagai tahap yaitu pertama, membuat arang kulit pisang kepok yang diaktivasi menggunakan larutan H₂SO₄. Kedua, membuat serbuk biji kelor kemudian melakukan proses penjernihan dengan mengombinasikan dua bahan alami tersebut kemudian diaduk pada suhu ruang selama 60 menit dan pengendapan selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar konsentrasi Pb dan Cd setelah penggunaan bioadsorben. Penurunan timbal (Pb) pada gelas sampel 1 sebanyak 13,1596 mg/L dan gelas sampel 2 sebanyak 4,4398 mg/L. Penurunan kadar cadmium pada gelas sampel 1 sebanyak 2,659 mg/L dan pada gelas sampel 2 sebanyak 5,285 mg/L. Kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang kepok memberikan efisiensi pengurangan konsentrasi Pb dan Cd yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan masing-masing bahan secara terpisah. Kesimpulannya, kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang kepok efektif dalam mengurangi kontaminan logam berat seperti Pb dan Cd.

Kata kunci: Air, Biji kelor, Cadmium, Kulit pisang kepok, Timbal

Abstract

In some parts of Indonesia, water consumed by the public has been contaminated with hazardous metals such as Pb and Cd from various sources due to excessive use of agrochemicals and industrial waste. This is certainly very dangerous because water quality is very important for human health. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the combination of moringa seed extract and kepok banana peel in reducing Pb and Cd levels to help overcome a number of water pollution problems due to hazardous metals. The experiment was conducted by combining moringa seed and kepok banana peel using coagulation and flocculation techniques. The experimental process was carried out in various stages, namely first, making charcoal from kepok banana peel which was activated using an H₂SO₄ solution. Second, make moringa seed powder and then conduct a purification process by combining the two natural ingredients then stirring at room temperature for 60 minutes and settling for 30 minutes. The results showed a decrease in Pb and Cd concentration levels after the use of bioadsorbents. The decrease in lead (Pb) in sample glass 1 was 13.1596 mg/L and sample glass 2 was 4.4398 mg/L. The decrease in cadmium levels in sample glass 1 was 2.659 mg/L and in sample glass 2 was 5.285 mg/L. The combination of moringa seed extract and kepok banana peel gives a higher efficiency of Pb and Cd concentration reduction compared to the use of each material separately. In conclusion, the combination of moringa seed extract and kepok banana peel is effective in reducing heavy metal contaminants such as Pb and Cd.

Keywords: Cadmium, Lead, Moringa seeds, Tongan banana peels, Water

PENDAHULUAN

Di beberapa wilayah di Indonesia, air yang dikonsumsi oleh masyarakat telah terkontaminasi logam berbahaya seperti Pb dan Cd yang berasal dari berbagai sumber akibat penggunaan agrokimia yang berlebihan dan limbah industri. Hal ini tentu sangat berbahaya karena kualitas air sangat penting bagi kesehatan manusia. Namun, seiring berkembangnya zaman kebutuhan terhadap air semakin meningkat sedangkan sumber air bersih semakin menipis. Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan Undang-Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Alam yang menimbang bahwa dalam menghadapi ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air perlu dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup, dan ekonomi secara selaras untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan antar wilayah, sektor, dan generasi guna memenuhi kebutuhan rakyat (Artajaya & Putri, 2021). Salah satu kendala dalam mewujudkan lingkungan hidup yang seimbang dan sehat adalah pencemaran air yang disebabkan oleh logam berat seperti timbal (Pb) dan cadmium (Cd). Pencemaran lingkungan berdasarkan UUPH No 32 Tahun 2009 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh dan tumbuh subur di daerah tropis seperti Indonesia (Marhaeni, 2021). Kelor merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman yang memiliki beberapa manfaat. Tumbuhan tersebut mendapatkan julukan sahabat ibu dan pohon ajaib karena diyakini kelor dapat mengatasi dan mencegah berbagai penyakit di seluruh dunia. Tidak hanya pada bidang kesehatan, kelor juga memiliki manfaat untuk menurunkan kadar logam berat seperti timbal (Pb) dan cadmium (Cd). (Dulanlebit, Sunarti, & Male, 2020) mengatakan biji kelor merupakan polimer organik yang mengandung protein, adanya gugus amino (-NH₂) dan karboksilat (-COOH) menyebabkan biji kelor mempunyai reaktivitas tinggi dan bersifat polielektrolit. Sebagai polielektrolit, biji kelor dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam terlarut dalam air.

Kulit pisang merupakan limbah yang dihasilkan dari buah pisang dengan jumlah yang cukup banyak. Pada umumnya, kulit pisang belum dimanfaatkan sepenuhnya melainkan hanya dibuang sebagai sampah organik atau digunakan sebagai pupuk tanaman. Padahal, sebenarnya kulit pisang tidak hanya bisa dijadikan pupuk tanaman namun juga

sebagai bahan baku bioetanol dan bahan alami penjernih air. Castro (dalam Hafiz, 2023) menyebutkan bahwa Kulit pisang mempunyai gugus fungsi yang memiliki peran dalam mengikat ion logam berat, seperti gugus hidroksil, asam karboksilat, dan gugus amina. Gugus fungsi pada rantai polisakarida karbohidrat kulit pisang adalah gugus hidroksil. Hubungan antara ion logam dengan gugus polisakarida dapat terjadi melalui ikatan hidrogen, dalam hal ini kulit pisang dapat digunakan sebagai karbon aktif. (Suhartini dalam Hafiz, 2023). Terdapat berbagai jenis kulit pisang yang dapat digunakan sebagai bioadsorben limbah Pb dan Cd, namun pada penelitian ini penulis menggunakan kulit pisang kepok sebagai salah satu bahan utama penelitian sebagai bioadsorben pada larutan Pb dan Cd.

Oleh karena itu, penulis menawarkan sebuah solusi dimana biji kelor (*Moringa oleifera*) dan kulit pisang kepok (*Musa acuminata x Balbiana*) digunakan sebagai bahan untuk menguji efektivitas kombinasi biji kelor dan kulit pisang kepok dalam upaya penurunan kandungan logam yang diujikan. Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat dari segi fungsional dan ekonomis. Selain karena kandungannya yang begitu bermanfaat, biji kelor dan kulit pisang tentu memiliki biaya relatif lebih murah, mudah didapatkan dari pada alat penyaring dan tidak merusak lingkungan karena cara ini bersifat ramah lingkungan. Dengan beberapa alasan yang dipaparkan pada bab inilah yang menjadi latar belakang bagi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “Kombinasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata x Balbiana*) Sebagai Bioadsorben Air Yang mengandung Larutan Pb dan Larutan Cd”. Dengan penelitian ini, penulis berharap dapat membantu mengurangi sejumlah kasus permasalahan air di Indonesia serta menjadi penelitian terbaru yang tidak pernah dilakukan sebelumnya.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen kuantitatif yang dilakukan di laboratorium dimana data hasil eksperimen kemudian dianalisis kuantitatif dengan pengolahan statistik (Nugraini *et al.*, 2022). Sebelum memasuki tahapan metode, penting untuk memahami proses dan tujuan dari setiap langkah yang akan dijelaskan. Metode yang akan diuraikan mencakup pembuatan serbuk biji kelor, pembuatan arang kulit pisang kepok, serta kombinasi keduanya untuk penjernihan air.

Metode Pembuatan Serbuk Biji Kelor

Pohon kelor dilaporkan mengandung flokulan alami dan polielektrolit kationik dengan berat molekul berkisar antara 6000 dan 1600 dalton dan hingga 6, terutama asam glutamat, asam amino dan arginin Biji kelor kering dapat digunakan untuk mengkoagulasi flokulasi kekeruhan air sebagai bioflokulan (Utami, Rumhayati, & Masruri dalam Ferdian, 2023). Aminah, Ramadhan, dan Yanis (dalam Putra, Merdana, & Suada, 2020) menyebutkan bahwa biji kelor dapat berfungsi sebagai koagulan dan penjernihan air permukaan seperti air kolam, air sungai, dan air danau. Biji kelor mengandung komponen penting yaitu *4 a L-amnosyloxy benzyl isothiocyanate*, minyak ben dan flokulan. Komponen tersebut merupakan senyawa yang bersifat bakteriostatik, yakni dapat menghambat pertumbuhan atau aktivitas metabolisme bakteri (Goyal, Agrawal, Goyal, & Mehta dalam Putra, dkk., 2020). Selain efek antimikroba, biji kelor juga memiliki efek koagulan karena kandungan proteinnya yang bersifat polielektrolit kationik (Pritchard, Mkandawire, Edmoson, & O'Neill dalam Putra, dkk., 2020). Kandungan protein dalam biji kelor yang bersifat polielektrolit kationik ini memiliki muatan positif sehingga penting sebagai agen penjernihan air (Hidayat dalam Putra, dkk., 2020). Yustinah dan Hartini (dalam Jacky, Minata, Ronggopuro, Sanjaya & Utomo, 2023) Daya serap karbon aktif disebabkan oleh banyaknya pori-pori yang berukuran mikro.

Alat dan bahan yang digunakan untuk ekstrak biji kelor yaitu mesin penggiling, timbangan analitik dan wadah tertutup dan bahan berupa biji kelor yang telah kering.

Prosedur Pembuatan Serbuk Biji Kelor

Kupas biji kelor dan bersihkan kulitnya. Biji kelor yang dikuliti cenderung lebih kuat menyerap daripada biji kelor yang utuh (Sharah, 2023).



Gambar 1. Biji kelor yang sudah dikupas

- a. Lalu cuci bersih biji kelor yang telah dibersihkan kulitnya.
- b. Jemur biji kelor dibawah sinar matahari hingga kering.
- c. Biji kelor yang telah kering, dihaluskan menggunakan mesin penggiling.



Gambar 2. Biji kelor yang telah dihaluskan

- d. Kemudian simpan ditempat yang tertutup.

Metode Pembuatan Arang Kulit Pisang Kepok

Secara umum kulit pisang kepok banyak mengandung mineral yang terdiri dari mineral, vitamin, karbohidrat, protein dan juga lemak. Kulit pisang kepok juga terdapat kandungan selulosa yang dapat mengikat beberapa logam diantaranya logam cadmium (Cd) dan timbal (Pb). Serta terdapat senyawa flavonoid yang akan bekerja sebagai antioksidan. Zat aktif yang terdapat dalam kandungan kulit pisang kepok yang akan berperan sebagai koagulan adalah protein. Salah satu cara memanfaatkan kulit pisang kepok sebagai adsorben ion logam dan agar penyimpanan lebih lama adalah dengan mengolah kulit pisang menjadi karbon aktif. Karbon aktif merupakan bahan padat berpori dan terbentuk dari pembakaran bahan yang mengandung unsur karbon, yang kemudian diaktivasi secara fisika atau kimia untuk menghilangkan pengotor sehingga menambah luas permukaan adsorben dan meningkatkan kapasitas penyerapan (Abdi, Khair, & Saputra; Calvin dalam Musafira, Dzulkifli, Fardinah, & Qadrini, 2020).

Alat dan Bahan yang digunakan untuk Membuat Arang kulit Pisang Kepok adalah timbangan analitik, oven, mesin penggiling, wadah tertutup, dan saringan serta bahan yang digunakan adalah kulit pisang kapok, larutan H_2SO_4 , dan aquades.

Prosedur Pembuatan Serbuk Kulit Pisang

- a. Cuci kulit pisang kepok hingga bersih dan potong kulit pisang berukuran 3 cm.



Gambar 3. Kulit pisang yang telah dipotong

- b. Kemudian jemur kulit pisang dibawah sinar matahari hingga kering.
- c. Kulit pisang yang telah kering, dimasukkan dalam oven selama 70 menit dengan suhu 100°C.



Gambar 4. Kulit pisang kepek yang telah dimasukkan dalam oven

- d. Kulit pisang yang telah berubah warnanya setelah di oven, dimasukkan kedalam mesin penggiling dan digiling hingga menjadi serbuk halus.



Gambar 5. Kulit pisang yang telah dihaluskan

- e. Serbuk kulit pisang yang telah halus disimpan dalam wadah yang tertutup.
- f. Kulit pisang yang sudah menjadi arang diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 selama 24 jam dan dibilas dengan aquades berulang kali hingga pH netral, kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 150°C selama 65 menit. Larutan H_2SO_4 berfungsi sebagai aktivator asam (Sa'diyah, Lusiani, Chrisnandari, Witasari, Aula, Triastutik, 2020). Aktivasi merupakan proses terpenting dalam proses produksi karbon aktif, karena kualitas karbon aktif dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Tujuan dari proses aktivasi adalah untuk memperluas diameter pori karbon dan meningkatkan kapasitas serapan pada pori karbon, serta

membuka pori-pori baru melalui metode aktivasi fisik atau aktivasi kimia (Erawati & Ardiansyah dalam Hafiz 2023).



Gambar 6. Aktivasi serbuk kulit pisang

Metode Penjernihan Air Menggunakan Kombinasi Ekstrak Biji Kelor dan Kulit Pisang Kepok

Alat dan Bahan yang digunakan untuk Penjernihan Air adalah gelas beker, gelas ukur, dan kertas saring serta bahan yang digunakan adalah larutan Pb dan Cd serta ekstrak kombinasi serbuk biji kelor dan serbuk kulit pisang.

Prosedur Penjernihan Air dengan Kombinasi Serbuk Biji Kelor dan Serbuk Kulit Pisang Kepok

- a. Menyiapkan gelas beker berukuran 100 ml dan 50 ml.
- b. Mengisi gelas beker sesuai petunjuk berikut:
 - 1) Gelas beker 1 : Air 100 ml yang telah ditambahkan larutan Pb dan Cd dengan konsentrasi sebesar 15 ml + kombinasi serbuk biji kelor 20 gr dan serbuk kulit pisang 25 gr.
 - 2) Gelas beker 2 : Air 50 ml yang telah ditambahkan larutan Pb dan Cd dengan konsentrasi sebesar 10 ml + kombinasi serbuk biji kelor 15 gr dan serbuk kulit pisang 10 gr.



Gambar 7. Mengisi gelas beker menggunakan gelas ukur

- c. Gelas beker 1 dan 2 diaduk pada suhu ruang selama 60 menit. Larutan diaduk dengan kecepatan pengadukan 90 rpm selama 60 menit, waktu pengendapan selama 30 menit.



Gambar 8. Pengadukan larutan

- d. Sampel air kemudian disaring dengan kertas saring dengan tujuan memisahkan yang larut di dalam air.



Gambar 9. Penyaringan larutan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Sampel Air yang Tidak Ditambahkan Ekstrak Biji Kelor dan Kulit Pisang Kepok

No	No. Lab	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Kontrol 1	Cadmium (Cd)	mg/L	10,842
		Timbal (Pb)	mg/L	29,2702
2	Kontrol 2	Cadmium (Cd)	mg/L	12,663
		Timbal (Pb)	mg/L	5,8699

Tabel 2. Hasil Sampel Air yang Telah Ditambahkan Ekstrak Biji Kelor dan Kulit Pisang Kepok

No	No. Lab	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Gelas Sampel 1	Cadmium (Cd)	mg/L	8,183
		Timbal (Pb)	mg/L	16,1106
2	Gelas Sampel 3	Cadmium (Cd)	mg/L	7,378
		Timbal (Pb)	mg/L	1,4301

Hasil penelitian uji sampel air menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang mampu menurunkan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd). Uji air dilakukan di laboratorium dengan metode ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*). Tabel 1 menunjukkan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd) sebelum ditambahkan kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang. Pada penelitian ini kami menggunakan 4 sampel sebagai 'media uji. Gelas kontrol 1 dan 2 sebagai sampel air yang telah ditambahkan larutan timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dengan konsentrasi timbal (Pb) dan cadmium (Cd) yang sama dengan gelas sampel 1 dan 2 namun tidak ditambahkan ekstrak biji kelor dan kulit pisang. Sedangkan tabel 2 adalah hasil penurunan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd) setelah ditambahkan ekstrak biji kelor dan kulit pisang. Bisa diamati secara seksama, terjadi penurunan kadar timbal (Pb) pada gelas sampel 1 sebanyak 13,1596 mg/L dari 29,2702 mg/L menjadi 16,1106 mg/L dan gelas sampel 2 sebanyak 4,4398 mg/L dari 5,8699 mg/L menjadi 1,4301 mg/L. Penurunan kadar cadmium pada gelas sampel 1 sebanyak 2,659 mg/L dari 10,842 mg/L menjadi 8,183 mg/L dan pada gelas sampel 2 sebanyak 5,285 mg/L dari 12,663 mg/L menjadi 7,378 mg/L.

KESIMPULAN DAN SARAN

Prosedur yang kami gunakan dalam penelitian ini adalah biji kelor dan kulit pisang kepok dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Kulit pisang kepok dimasukkan dalam oven kemudian diaktivasi menggunakan larutan H₂SO₄. Biji kelor dan kulit pisang kepok yang telah diaktivasi kemudian dihaluskan menggunakan mesin penggiling. Kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang memiliki berbagai kelebihan. Kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang dapat dijadikan sebagai alternatif dalam menurunkan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd) yang ramah lingkungan. Selain itu, bahan-bahan alami yang digunakan seperti limbah kulit pisang dan biji kelor mampu mengurangi sampah rumah tangga. Bahan yang digunakan dalam penelitian kami juga sangat mudah didapatkan dan relatif murah bagi masyarakat. Penelitian kami merupakan penelitian pertama yang mengombinasikan antara biji kelor dan kulit pisang kepok sebagai adsorben untuk menurunkan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dalam air. Meskipun memiliki berbagai kelebihan, penelitian kami juga memiliki beberapa kekurangan. Arang yang dihasilkan dari kulit pisang kepok menyebabkan terjadinya perubahan warna pada air. Oleh karena itu,

kami sarankan agar peneliti selanjutnya tidak hanya mampu menurunkan kadar timbal (Pb) dan cadmium (Cd) namun juga mampu menghilangkan warna yang dihasilkan oleh arang kulit pisang kepek pada air yang telah dijernihkan. Kombinasi ekstrak biji kelor dan kulit pisang kepek efektif dalam mengurangi kontaminan logam berat seperti Pb dan Cd.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, tauhid, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini hingga selesai. Selawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw.. Penulis ingin berterima kasih kepada seluruh guru pembimbing, Dra. Erniwati, M.Pd., Hasnah, S.Pd., Drs. Dedi Rimantho M.Si., dan Nuratiah S.Pd., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan dan dukungannya. Terima kasih kami haturkan kepada kedua orang tua karena berkat semangat dan dukungan mereka penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada Pak Makmur yang telah membantu penulis dalam mengurus penelitian di laboratorium. Dan juga, Kak Nadya yg sudah membantu kami dalam penulisan dan dukungan moral. Dan seluruh pihak yang telah membantu dan menjadi sumber informasi selama pengerjaan penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyatun, Ningrum, P., Musyarofah, & Inayah, N. (2018). Analisis efektivitas biji dan daun kelor (*Moringa oleifera*) untuk penjernihan air. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), 60–65. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3103>.
- Artajaya, I. W. E., & Putri, N. K. F. P. (2021). Faktor-faktor penyebab terjadinya pencemaran air di Sungai Bindu. *Jurnal Hukum Saraswati (JHS)*, 3(2), 122-135. <https://doi.org/10.36733/jhshs.v2i2>.
- Dulanlebit, Y. H., Sunarti, Male, Y. T. (2020). Efektivitas biji kelor (*Moringa oleifera lamk*) pada pengolahan air sumur dan penentuan waktu optimum adsorpsi biji kelor terhadap Fe dan Mg dalam air. *Molluca Journal of Chemistry Education (Mjoc)*, 10(1), 43-52. <https://doi.org/10.30598/MJoCEvol10iss1pp43-52>.
- Ferdian, J. F. (2023). Efektivitas biji kelor (*Moringa oleifera*) untuk menurunkan kandungan bahan organik alami pada air. Universitas Islam Indonesia.
- 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), 1–11. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.23154>

- Hafiz, A. (2023). Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai adsorben dalam penyisihan kadar besi (Fe) dan kadmium (Cd) pada air sumur Desa Lamkeunung Aceh Besar. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Marhaeni, L. S. (2021). Daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai sumber pangan fungsional dan antioksidan. *Jurnal Agrisia*, 13(2), 40-53.
- Musafira, Dzulkifli, Fardinah, & Qadrini, L. (2020). Penyerapan ion logam merkuri menggunakan arang aktif limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* Formatypica). KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, 6(1), 39-44. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i1.15043>.
- Nenohai, J. A., Minata, Z. S., Ronggopuro, B., Sanjaya, E. H., & Utomo, Y. (2023). Penggunaan karbon aktif dari biji kelor dan berbagai biomassa lainnya dalam mengatasi pencemaran air : Analisis review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 29–35. <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.29-35>.
- Nisak, K., Setyowati, R. D. N., & Suprayogi, D. (2022). perbedaan laju alir dan volume adsorben kulit pisang kepok terhadap penurunan logam timbal dalam reaktor kontinyu. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(3), 232–241. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i3.232-241>.
- Nugraini, B., Syahra, W. A., & Suprpto, N. S. (2023). *Magic Moringa Seed Powder* sebagai upaya penjernihan air limbah Sungai Troso Jepara dengan metode perendaman serbuk biji Kelomagic Moringa Seed Powder sebagai upaya penjernihan air limbah Sungai Troso Jepara dengan metode perendaman serbuk biji kelor. *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 4(1), 311-320.
- Nurfadhila, U. (2022). Laporan Kerja Praktek Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT Barokah Global Solusi. Universitas Pelita Bangsa Bekasi.
- Putra, I. M. A. U., Merdana, I. M., & Suada, I. K. (2020). Pemberian serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) menurunkan tingkat keasaman limbah cair peternakan babi. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(2), 217-227. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.2.219>.
- Sa'diyah, K., Lusiani, C. E., Chrisnandari, R. D., Witasari, W. S., Aula, D. L., & Triastutik, S. (2020). Pengaruh proses aktivasi kimia terhadap karakteristik adsorben dari kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.). *Jurnal Chemurgy*, 4(1), 18-22.
- Sharah, M. A. (2023). Adsorpsi logam (Pb) dengan menggunakan biji kelor sebagai adsorben. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 5(2), 495–505. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.1000>.
- Sompotan, D. D., & Sinaga, J. (2022). Pencegahan pencemaran lingkungan. SAINTEKES: *Jurnal Sains, Teknologi Dan Kesehatan*, 1(1), 6–16. <https://doi.org/10.55681/saintekes.v1i1.2>.

- Supriyanto, B., & Nurullita, U. (2013). Efektivitas variasi dosis dan lama waktu kontak serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) terhadap penurunan timbal (Pb) pada air sungai. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 8(2), 12–21. <https://doi.org/10.26714/jkmi.8.2.2013.12-21>.
- Susvira, D., Ramadhan, M. B., Susparini, N. T., Situmeang, B., Widiyanto, H., Bialangi, N., & Musa, W. J. A. (2024). Pengaruh penambahan koagulan biji kelor terhadap penurunan kadar logam kromium (Cr), mangan (Mn), dan timbal (Pb) menggunakan ICP-OES. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 7(1), 40–49.