



## SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW : PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH-BUAHAN SEBAGAI ADSORBEN SERTA KAITANNYA DENGAN INTEGRASI KEISLAMAN

Judha Syah Putra<sup>1</sup>, Andi Mulsidah<sup>2</sup>, Rezi Amalia Putri<sup>3</sup>, Fitri Refelita<sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru, Riau 28293, Indonesia

\*E-mail: [fitrirefelita@uin-suska.ac.id](mailto:fitrirefelita@uin-suska.ac.id)

Received: February 4, 2023; Accepted: July 22, 2023; Published: August 31, 2023

### Abstract

*Growth and development in the industrial sector has made residents contribute to the waste that enters the environment. Imperfect waste treatment causes pollution to the environment and waters, so the water quality has decreased. The decline in water quality is caused by water pollution where foreign substances enter and leave. One of them is heavy metal. A number of studies have been carried out to treat and remove heavy metal ions in waters, one of which is the adsorption process. The adsorption method usually utilizes waste that is often disposed of and even modifications or activations are carried out in order to expand the surface area of the adsorbent material. This review article discusses the adsorption method by utilizing Indonesian typical fruit peel waste for the last 10 years. From several studies collected, it was found that waste from typical Indonesian fruit peels was effective in absorbing heavy metal waste. Fruit peel waste that has high effectiveness is lemon peel waste with an absorption capacity of 98.4% on Cd metal, with a pH 8 and optimum contact time of 2 hours. This review can be an alternative for the manufacture of other adsorbent materials and eliminate metal pollution in the aquatic environment.*

**Keywords :** Water pollution, Heavy Metals, Adsorption, Indonesian Fruit Peel Waste

### Abstrak

Pertumbuhan dan perkembangan di bidang industri membuat para penduduk ikut menyumbang limbah yang masuk ke lingkungan. Pengolahan limbah secara tidak sempurna, menyebabkan pencemaran bagi lingkungan dan perairan, sehingga kualitas air mengalami penurunan. Menurunnya kualitas air disebabkan oleh pencemaran air dimana keluar masuknya zat asing. Salah satunya ialah logam berat. Sejumlah studi telah dilakukan untuk mengolah dan menghilangkan ion logam berat pada perairan salah satunya adalah proses adsorpsi. Metode Adsorpsi biasanya memanfaatkan limbah yang sering dibuang bahkan dilakukan modifikasi atau aktivasi dalam memperluas bidang permukaan bahan penyerapnya. Artikel review ini membahas metode adsorpsi dengan memanfaatkan limbah kulit buah khas Indonesia selama 10 tahun terakhir. Dari beberapa studi yang dikumpulkan diperoleh limbah kulit buah-buahan khas Indonesia efektif menyerap limbah logam berat. Limbah kulit buah yang mempunyai efektivitas tinggi ialah limbah kulit buah lemon dengan kemampuan serapan 98,4% pada logam Cd, dengan pH 8 dan waktu kontak optimum 2 jam. Ulasan ini dapat menjadi suatu

alternatif untuk pembuatan bahan penyerap lainnya serta menghilangkan pencemaran logam di lingkungan perairan.

**Keywords : Pencemaran Air, Logam Berat, Adsorpsi, Limbah Kulit Buah Khas Indonesia**

## PENDAHULUAN

Sebagai seorang muslim kita diwajibkan untuk memahami hakikat keilmuan untuk mampu memberikan pengetahuan dasar tentang kaidah ilmu (Suprianingsih et al, 2022). Air adalah sumber ekosistem dan telah disebut sebagai sebuah “obat mujarab kehidupan” dikarenakan kelebihan jumlah logam berat mencapai badan air yang melebihi batas yang dapat di terima sehingga pencemaran air menjadi masalah serius akhir-akhir ini. Sumber air seperti sungai dan danau telah tercemar oleh limbah pertanian, domestik dan industri (Talib et al., 2020; Nurfadhilla et al., 2020). Masalah tersebut muncul karena kebanyakan pencemaran air diakibatkan oleh kegiatan industri (Hutagalung, 1984; Widiyanto et al., 2015), limbah rumah tangga, dan lainnya (Alamsyah, 1999). Selain itu, pada berbagai daerah, sumber air minumannya berasal dari air yang berwarna keruh dan kekuningan yang kadar besi (Fe) yang cukup tinggi sehingga tidak bisa langsung dikonsumsi. Kondisi tersebut mengindikasikan kandungan ion besi yang tinggi pada air warga. Permasalahan lainnya kandungan Fe yang tinggi dapat menyebabkan beberapa penyakit, seperti mual dan muntah, sirosis hati, gatal-gatal, hipertensi, dan lainnya.

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat sangat erat kaitannya dengan penggunaan logam berat itu sendiri. Semakin meningkatnya industrialisasi penggunaan logam berat maka pencemaran logam berat juga terus meningkat. Pencemaran logam berat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan di udara, air dan tanah. Ayat tentang kerusakan lingkungan dijelaskan dalam surah Ar-Rum ayat 41 yang artinya: *"Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)"* (Ramli, 2019). Dalam rangka mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan dengan pengolahan air untuk mengurangi kadar Fe yang terkandung di dalamnya (Bahri et al., 2017; Syauqiah et al., 2017). Adanya logam berat didalam air akan memberikan dampak berbahaya bagi kehidupan biota air bahkan manusia sekalipun (Pagoray, 2001; Affandi et al., 2018; Agustina, 2014; Pratiwi, 2020).

Limbah industri sangat memberikan dampak buruk, khususnya dampak pada kehidupan manusia (Effendi, 2000). Diantaranya ialah industri logam dan penyepuhan yang mana menghasilkan Limbah logam Cr, Ni, Zn, Cd, Sn, Ti, Fe, Pb, Cu, Hg dan lain-lain yang mengakibatkan pencemaran tanah dan air yang kemudian diserap oleh tumbuhan atau hewan air, dan termakan manusia. Jika manusia mengonsumsi diluar batas toleran konsumsi dalam seminggu maka logam tersebut memberikan dampak yang sangat membahayakan tubuh seperti kanker paru-paru, otak, ginjal, saraf hingga merusak reproduksi. (Hevira et al., 2019; Shahrokhi-Shahraki et al., 2021).

Kualitas air membutuhkan perhatian lebih sebagai kebutuhan manusia yang sangat penting. Pada saat ini, ketersediaan air sesuai dengan kualitas yang dimaksudkan sangat sulit didapatkan. Banyak sumber air yang tercemar oleh logam berat. Salah satu proses penghilangan logam berat dari lingkungan tercemar sering kali menggunakan metode adsorpsi (Talib et al., 2020; Al Ali et al., 2021; Ogata et al., 2013; Rosema et al., 2021; Syaughia et al., 2011). Metode ini efektif menghilangkan logam berat walau hanya dilakukan dengan proses yang relatif sederhana. Penyerapan logam berat dilakukan dengan menggunakan karbon aktif (Budiman, 2018; Syaughia et al., 2011). Beberapa metode kimia dan biologi termasuk adsorpsi, pertukaran ion dan pemisahan membran telah diuji untuk menghilangkan kandungan logam berat dari limbah. Pada artikel review kali ini, penulis mencoba mengumpulkan informasi mengenai alternatif adsorben alami yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat. Penggunaan adsorben alami untuk mengurangi pencemaran logam berat telah banyak dipelajari. Adsorben alami digunakan karena biayanya tidak terlalu mahal dan bahan yang digunakan berasal dari alam sehingga lebih ramah lingkungan dan tidak menghasilkan polutan baru.

Keuntungan menggunakan adsorben alami yaitu sangat mudah untuk menemukan adsorben alami di mana-mana karena adsorben ini berasal dari bahan-bahan alami dari alam yang ada di sekitar kita. Indonesia penggunaan biosorben yang dijelaskan di atas sangat melimpah karena merupakan limbah kulit buah khas Indonesia. Efektifitas adsorben dibuktikan dengan beberapa biosorben yang digunakan dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam limbah cair. Secara umum, biosorben yang dijelaskan sangat efektif untuk menyerap timbal dalam limbah cair. Adsorpsi Penggunaan biosorben sangat mudah, karena setiap orang dapat menyerap logam berat dari adsorben alami dalam waktu yang relatif singkat. Selain ramah lingkungan, adsorben alami yang digunakan untuk menyerap logam berat tidak memiliki biaya yang tinggi. Karena bahan yang dibutuhkan untuk produksi biosorben sangat melimpah di alam, baik sebagai tumbuhan maupun sebagai bahan organik yang sudah tidak terpakai lagi (Rahmi & Sajidah, 2017)

Salah satu bahan limbah yang bisa diolah menjadi karbon aktif adalah limbah kulit buah-buahan khas Indonesia seperti kulit buah pisang (Ali et al., 2016; Anwar et al., 2010; Kamsonlian et al., 2011), kulit buah durian (Budiman, 2018), kulit buah lemon (Jena, 2021; Setiawan, 2012) kulit buah kakao (Yetri & Hidayati, 2018) dan kulit buah pinang (Amri et al., 2017; Lubis et al., 2021; Utami & Lazulva, 2017), kulit buah sukun (Anwar et al., 2022), dan kulit buah rambutan (Almughty et al., 2020; Purwiandono & Haidar, 2022). Metode adsorpsi dengan memanfaatkan limbah kulit buah khas Indonesia sudah banyak dilakukan namun masih kurangnya informasi yang berfokus pada mekanisme adsorpsi logam berat. Oleh karena itu, ulasan ini bertujuan untuk membandingkan adsorben dari limbah kulit buah paling efektif untuk penyerapan logam berat yang ada di perairan. Ulasan ini akan menjadi pedoman dalam memilih adsorben dengan kapasitas adsorpsi logam paling optimal. Pengolahan limbah merupakan suatu proses di mana produk-produk baru dibuat dari bahan-bahan yang sudah digunakan untuk memberikan kebermanfaatannya kepada umat manusia dan memastikan ekosistem yang berkelanjutan (Sa'diyah, 2018).

## METODOLOGI

Data yang diambil pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu berupa artikel sepuluh tahun terakhir yaitu dari tahun 2012-2022. Pencarian database elektronik yang mendukung penyusunan review jurnal ini adalah melalui Google Scholar, Science direct, Mendeley dan Pubmed dengan kata kunci “Buah-buahan sebagai karbon aktif penjernihan air”, “Buah- buahan sebagai adsorben logam berat” , dan “Efektivitas limbah kulit buah sebagai adsorben logam berat” yang dibuktikan dengan sertifikat akreditasi yang baik dari jurnal penerbit sebagai bukti bahwa artikel/jurnal yang dijadikan acuan untuk mereview jurnal ini telah terakreditasi baik sehingga terjamin kualitasnya dan juga terjamin keakuratan penelitian yang dilakukan.

## TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian literatur yang didapatkan pada penelitian ini, maka data hasil penelitian dapat dirangkum pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1. Efektivitas limbah kulit buah khas Indonesia sebagai biosorben**

Limbah Kulit	Jenis Logam	Efektivitas	Sumber
Lemon	Cd	98,4%	(Jena, 2021)
Pisang kepok	Pb	83,48%	(Hanifah et al., 2021)
	Fe	57.99%	(Arifiyana & Devianti, 2021)
Durian	Pb	71,74%	(Hanifah et al., 2021)
Pinang	Pb	87,7%	(Utami & Lazulva, 2017)
Kakao	Fe	96,36%	(Harimu et al., 2020)
	Mn	95,15%	
Sukun	Pb	90,53%	(Anwar et al., 2022)
	Cd	91,51%	
Rambutan	Pb	83,30%	(Almughty et al., 2020)

Pembahasan tentang kulit buah lemon (*Citrus limon*). Berdasarkan hasil penelitian dari Wattanakornsiri et al mengatakan bahwa faktor yang mempengaruhi penghilangan logam Cd(II) dengan menggunakan kulit buah yaitu derajat keasaman (pH), waktu kontak optimum, dosis adsorben dan konsentrasi (Wattanakornsiri et al., 2022). Perbandingan pH yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada lemon terdapat pH 8 dengan waktu kontak optimum selama 2 jam. Dosis adsorben yang digunakan 0,2 gram pada konsentrasi 10 ppm. Penghilangan ion Cd(II) dengan bantuan karbon aktif dari kulit buah dilakukan preparasi sampel terlebih dahulu, kulit buah terlebih dahulu dikupas secara manual. Setelah itu kulit buah dicuci dengan air suling dan dijemur selama 5-7 hari kemudian di oven pada suhu 50-

60°C. Kulit buah yang telah kering lalu dihaluskan dengan blender mekanik dan diayak hingga diperoleh ukuran partikel 0,355 nm (Shahrokhi-Shahraki et al., 2021). Kulit buah lemon memiliki kandungan antioksidan dan memiliki pH sekitar 2-3 dan mengandung senyawa fitokimia seperti saponin, alkaloid, flavanoid, antrakuinon, resin, tenin, terpen, steroid, dan fenol (Shofiati et al., 2014; Tjahyono et al., 2017; Widowati, 2022). Maka dapat disimpulkan pada studi yang telah dilakukan peneliti untuk penghilangan logam Cd(II) didapatkan kapasitas pemuatan ion Cd(II) maksimum untuk lemon sebesar 0,2097 mg/g atau 98,4 % dengan metode adsorpsi langmuir (Jena, 2021; Setiawan et al., 2012).

Pembahasan tentang kulit buah pisang (*Musa paradisiaca*) yang diperoleh saat menggunakan massa adsorben 2,5 gram. Pada logam Fe(II) konsentrasi awal 60 mg/L, diperoleh kapasitas adsorpsi tertinggi sebesar 0,644 mg/g (Arifiyana & Devianti, 2021). Penelitian hanifah membahas terkait bioadsorben dari limbah kulit pisang kapok. Pada penelitian menjelaskan bahwa kulit pisang kepok sebagai bioadsorben untuk logam Pb berada pada pH optimum 3, waktu kontak optimum adalah 30 menit, dan massa optimum adalah 125 mg. Adsorben dari kulit pisang kepok ini dikarakterisasi dengan FTIR (Hanifah et al., 2021). Pada mulanya preparasi dilakukan dengan memisahkan kulit buah pisang kepok dari batangnya dan dipotong kecil-kecil, kemudian dicuci dengan air. Selanjutnya kulit pisang kepok dijemur di bawah sinar matahari dan dikeringkan kembali di dalam oven untuk memastikan tidak ada kadar air yang tersisa pada kulit pisang kepok. Terakhir kulit pisang kepok yang sudah kering dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ukuran mesh. (Arninda et al., 2014; Susanti et al., 2021; Elfia, 2019; Hossain et al., 2012; Imelda et al., 2019; Qadrini et al., 2020; Sirilert & Maikrang, 2018). Kulit pisang kepok memiliki kandungan alfa selulosa yang cukup tinggi pada kulit pisang kepok yaitu sebesar 94% (Zhaafirah et al., 2017). Dari penelitian yang telah dilakukan oleh kedua peneliti tersebut didapatkan efektifitas tertinggi sebesar 57,99% dan nilai efektivitas sebesar 83,48% (Arifiyana & Devianti, 2021; Hanifah et al., 2021).

Pembahasan tentang kulit buah durian (*Durio*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti didapatkan kondisi optimum kulit durian sebagai bioadsorben untuk logam Pb berada di pH 3, waktu kontak optimum adalah 15 menit, dan massa optimum adalah 125 mg (Hanifah et al., 2021). Proses adsorpsi menggunakan kulit durian ini dimulai dari pembersihan kulit durian, di potong kecil dan dikeringkan menggunakan oven. Kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan mesh untuk mendapatkan serbuk kulit durian. Serbuk kulit durian ditambah dengan akuades dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sesuai dengan variabel keasamaan pH 3, selanjutnya dipanaskan sampai suhu 90°C. Setelah direfluks kemudian ekstrak disaring menggunakan kertas saring dan didapat filtrat pektin. Filtrat yang didapat ditambahkan etanol 96% lalu diendapkan. Endapan dipisahkan dari larutan dengan menggunakan kertas saring. Endapan lalu dicuci menggunakan etanol 70% untuk menghilangkan sisa asam. Pektin basah yang didapatkan dikeringkan dengan oven pada suhu 45°C didapatkan pektin kering. Pektin kulit durian dengan variasi dosis yaitu 25, 50, 75, 100, dan 125 mg ditambahkan pada larutan sampel limbah Pb yang sebelumnya telah diatur pHnya berdasarkan pengukuran pH optimum. Kemudian dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum. Pektin yang sudah di dapat disaring dan dianalisis menggunakan AAS dengan melakukan replikasi masing-masing variasi sebanyak 3

kali (Ariyani, 2019; Susanti et al., 2021; Elfia, 2019; Hanifah et al., 2021; Imelda et al., 2019). Kulit durian memiliki kandungan selulosa yang tinggi sebanyak 50-60% dan lignin serta kandungan pati yang rendah masing-masing sebanyak 5% (Ariyani, 2019). Kulit durian memiliki kandungan serat kasar sebesar 33,87% dengan kandungan lignin yang tinggi yaitu 12,11% (Hernaman et al., 2021). Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan nilai efektifitas adsorpsi sebesar 71,74% (Hanifah et al., 2021).

Pembahasan tentang kulit buah pinang (*Areca catechu*). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Bahwa limbah kulit buah pinang yang diperoleh terlebih dahulu dicuci dan dibilas dengan akuades. Setelah dibersihkan, kulit buah pinang dijemur di luar lalu jauhkan dari sinar matahari secara langsung. Kulit buah pinang yang sudah kering kemudian direndam dalam larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M selama satu jam, kemudian dicuci dan dibilas dengan akuades hingga netral kembali. Kemudian dikeringkan kembali dengan cara yang sama, selanjutnya sampel dihasilkan hingga berukuran 150  $\mu\text{m}$  lalu disimpan dalam desikator dan siap dijadikan sebagai biosorben. Dalam proses pengukuran kadar ion logam Pb(II) diukur menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) dengan memvariasikan pH dan konsentrasi ion logam dan pH biosorpsi optimum adalah 6 dan waktu kontak logam Pb(II) optimum adalah 75 menit. Sedangkan konsentrasi biosorpsi optimal terjadi pada konsentrasi 50 ppm. Berdasarkan spektrum FTIR, gugus fungsi yang terlibat dalam pengikatan ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  oleh kulit buah pinang sebagai biosorben adalah gugus fungsi amina (N-H), alkohol (OH), dan karbonil (C=O). Hasil isotherm Langmuir menunjukkan nilai Q (absorbansi maksimum) logam Pb (II) sebesar 0,877 mg/g atau 87,7 % (Utami & Lazulva, 2017).

Pembahasan tentang kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil penelitian yaitu untuk menghilangkan logam berat diperlukan waktu optimal untuk penurunan untuk ion logam besi terjadi pada waktu adsorpsi 2 jam dan untuk ion logam mangan (Mn) selama 3 jam. Proses adsorpsi dari kulit buah kakao ini dimulai dari pemotongan kulit buah kakao menjadi potongan kecil, diblender sampai halus. Setelah itu dilarutkan dengan menggunakan akuades lalu diaduk dan disaring. Perlakuan pencucian sambil diaduk dan dilakukan penyaringan berulang-ulang sampai filtrat yang dihasilkan berubah menjadi jernih. Kulit buah kakao yang sudah jernih dikeringkan dengan menggunakan oven sampai suhu 105 selama 1-2 hari. Serbuk kulit buah kakao yang sudah kering lalu diblender sampai halus kemudian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 45 mesh. Serbuk yang didapat tersebut bisa diaplikasikan untuk penyerapan logam besi dan mangan (Harimu et al., 2020). Pada kulit buah kakao terdapat kandungan lignoselulosa yang tinggi. Serat pada kulit kakao mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Agus & Budisatria, 2012; Najihah et al., 2018; Sucihati et al., 2014). Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode adsorpsi menggunakan adsorben serbuk kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) dapat menurunkan kadar ion logam besi dan ion logam mangan, dengan persen adsorpsi berturut-turut masing-masing 97,59% dan 90,95%.

Pembahasan tentang kulit buah sukun (*Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg*). Berdasarkan hasil penelitian Anwar et al. didapatkan adsorpsi logam berat  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$  pada limbah laboratorium Stifera di Semarang (Anwar et al., 2022). Adapun faktor yang mempengaruhi pada proses adsorpsi untuk menurunkan kadar logam berat  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$

dengan menggunakan limbah kulit buah sukun (*Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg*) yaitu dengan varian optimasi berat pektin diantaranya 100, 300, dan 500 mg dengan pH 4, 5, 6, dan 7. Waktu kontak 30, 60, 90, dan 120 menit dengan variasi ukuran partikel 80, 100, dan 120 mesh. Preparasi biosorben dari limbah kulit buah sukun dipilih kulit yang sudah tua, kemudian dilakukan pengupasan dan dicuci hingga bersih. Setelah dicuci bersih rendam kulit buah tersebut dengan menggunakan pelarut *n*-heksana selama 12 jam guna untuk menghilangkan getah yang menempel pada kulit buah sukun. Kemudian dikeringkan dengan menggunakan lemari pengering selama 3 hari. Setelah dikeringkan lalu giling dengan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 30/40 mesh. Isolasi pektin dilakukan dengan metode konvensional dan diuji sifat pektin yaitu kadar air, kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar galakturon, derajat esterifikasi, deteksi FTIR dan GC-MS. Metode analisis yang dilakukan oleh peneliti menggunakan *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS). Berdasarkan literatur yang didapat, bahwa berat optimum terjadi pada 500 mg, waktu kontak 90 menit, pH 5 dan ukuran partikel 120 mesh untuk ion  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$ . Hasil ini diimplementasikan pada limbah laboratorium farmasi dan menunjukkan rata-rata persentase penurunan ion logam  $Pb^{2+}$  90,53% dan ion  $Cd^{2+}$  91,51%.

Pembahasan tentang kulit buah rambutan (*Nephelium Lappaceum L*). Menurut Studi literatur penelitian oleh Almuchty et al efektivitas limbah kulit buah rambutan (*Nephelium Lappaceum L*) dalam adsorpsi logam berat  $Pb^{2+}$  didapatkan variasi perbedaan massa adsorben 5, 10, dan 15 gram dan perbedaan waktu kontak antara 10, 20 dan 30 menit (Almuchty et al., 2020). Preparasi pembuatan adsorben dicuci terlebih dahulu limbah kulit rambutannya dengan menggunakan air mengalir dan dikeringkan selama 5 hari dibawah sinar matahari. Kemudian kulit rambutan tersebut dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Aktivasi adsorben dilakukan dengan merendam kulit rambutan dalam larutan NaOH 0,1 M selama 24 jam. Adsorben dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) guna mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel adsorben. Hasil yang didapatkan yaitu pengujian kadar timbal terendah adalah 1.692 dan tertinggi adalah 2.983. Adsorpsi ion logam berat  $Pb^{2+}$  yang paling efektif adalah pada masa adsorben 15 gram dengan waktu kontak optimumnya 30 menit dengan efektivitas adsorpsi ion logam berat  $Pb^{2+}$  sebesar 83,30%.

Pembahasan hasil tentang kulit buah-buahan sebagai adsorben telah dipaparkan secara detail pada paragraph sebelumnya. Semua hal yang ada dimuka bumi ini tidak terlepas dari campur tangan Allah SWT sebagai sang pemilik. Kajian islam dan sains sangat berhubungan erat dengan alam semesta. Kajian sains dan agama secara umum yaitu memiliki pengertian bahwa sains adalah ilmu pengetahuan yang sistematis tentang alam dan dunia fisik termasuk di dalamnya seperti ilmu biologi, fisika, dan kimia. Agama adalah "hubungan" antara manusia dengan Tuhan sebagai pencipta (khaliq) dan hubungan manusia dengan ciptaannya, baik hubungan manusia dengan manusia maupun manusia dengan alam (Hadikusuma, 2017). Lingkungan menyediakan berbagai sumber daya bagi manusia dan makhluk lain yang menghuninya mulai dari unsur tanah, air dan udara adalah komponen penting yang menunjang kehidupan dimuka bumi. Al-quran menyatakan bahwa penciptaan langit dan bumi serta berbagai sumber daya alam seperti angin (udara), air, tumbuh-

tumbuhan dan hewan merupakan rahmat dari Allah untuk manusia. Hal ini dapat dijelaskan pada surat Al-A'raf ayat 57 yang berbunyi :

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۗ حَتَّىٰ إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا  
سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ كَذَٰلِكَ  
نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

“Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran” (QS Al-A'raf : 57).

Kemudian dalam surah Shad ayat 27 didapatkan sebuah hikmah yaitu :

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۗ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ  
النَّارِ

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka” (QS. Shad : 27).

Selanjutnya, Allah tunjukkan tanda-tanda kebesaran-Nya pada surah Al-Baqarah ayat 164 dan surah Al-A'raf ayat 58.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَع النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ  
اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ  
الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

“Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti” (QS. Al-Baqarah : 164).

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتَهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرِجُ إِلَّا نَكِدًا ۗ كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ۗ

*“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan izin Tuhan; dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya yang tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur” (QS. Al-A’raf : 58).*

Berdasarkan ayat diatas, semua hal yang ada dimuka bumi ini akan memberikan manfaat untuk makhluk penghuni bumi yaitu manusia. Sebagai makhluk hidup yang paling maju, manusia sangat bergantung pada makhluk lain dan sumber daya alam yang ada di sekitarnya. Dukungan teknologi yang berkembang pesat, selain memberikan berbagai kemudahan bagi manusia, juga meningkatkan arogansi dan eksplorasi lingkungan (Sulistyo, 2018). Sehingga, sangat perlu kita sebagai makhluk ciptaan Allah yang memiliki segudang kelebihan ini dapat memanfaatkan sumber daya alam di bumi untuk kepentingan umat salah satunya biosorben untuk menyerap logam berat yang berasal dari limbah yang dibuat oleh manusia dimuka bumi. Maka agar tidak terjadi kerusakan yang berat dan tetap lestari, maka solusinya dapat menggunakan bahan ciptaan Allah SWT yaitu berupa biosorben yang berasal dari kulit buah-buahan. Tujuan akhirnya dapat membuat bumi ini kembali bebas dari limbah dan polusi dan mendapatkan udara yang segar dan suasana layak bagi kehidupan.

## SIMPULAN

Limbah kulit buah-buahan khas Indonesia yang berlimpah kurang dimanfaatkan oleh khalayak masyarakat Indonesia sebagai biosorben. Berdasarkan hasil beberapa studi yang dikumpulkan, maka diperoleh limbah kulit buah-buahan khas Indonesia efektif menyerap limbah logam berat. Limbah kulit buah yang mempunyai efektivitas tinggi ialah limbah kulit buah lemon dengan kemampuan serapan 98,4% pada logam Cd, dengan pH 8 dan waktu kontak optimum 2 jam. Banyak penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi acuan untuk mencari bahan penyerap lain untuk menghilangkan ion logam berat sintetik berbahaya dalam air dengan mengaktifkan, memodifikasi, atau mencampur bahan penyerap lain dengan material yang lain. Alam semesta yang telah Allah SWT ciptakan, telah menyediakan semua solusi dari permasalahan yang ada di dalamnya. Hal tersebut termaktub dalam Al-Quran surahAl-Baqarah ayat 29 yaitu :

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ۝

*“Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu” (QS. Al-Baqarah : 29).*

Al-Qur'an mengatakan bahwa manusia harus selalu menggunakan akalnyanya dengan baik. Ada banyak perumpamaan yang Tuhan berikan kepada orang-orang yang tidak mau menggunakan akalnyanya. Pada surah Ali-Imran ayat 190-191 juga menjelaskan bagaimana kita manusia perlu menggunakan akal untuk melihat kebenaran dan kekuasaan yang Allah berikan dan ciptakan di bumi ini. Allah SWT sang pemilik alam memanggil manusia untuk berpikir karena dalam penciptaan ini diperlihatkan penampakan benda-benda langit seperti

matahari, bulan, bintang, susunan siang dan malam, atau susunan tata langit bekerja dengan sangat tepat dengan sesuai dengan takarannya dan fungsinya. Sesungguhnya dengan demikian itu ada tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang berpikir.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاجْتِذَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ . الَّذِينَ  
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا  
خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

"(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka" (QS. Ali-Imran : 190-191) (Fauziyyah et al., 2019).

Selanjutnya, maka sangat perlu kita sebagai makhluk ciptaan Allah yang memiliki segudang kelebihan ini dapat memanfaatkan sumber daya alam di bumi untuk kepentingan umat salah satunya biosorben untuk menyerap logam berat yang berasal dari limbah yang dibuat oleh manusia di muka bumi. Maka agar tidak terjadi kerusakan yang berat dan tetap lestari, maka solusinya dapat menggunakan bahan ciptaan Allah SWT yaitu berupa biosorben yang berasal dari kulit buah-buahan. Tujuan akhirnya dapat membuat bumi ini kembali bebas dari limbah dan polusi dan mendapatkan udara yang segar dan suasana layak bagi kehidupan.

## REFERENSI

- Abd-Talib, N., Chuong, C. S., Mohd-Setapar, S. H., Asli, U. A., Pa'ee, K. F., & Len, K. Y. T. (2020). Trends in adsorption mechanisms of fruit peel adsorbents to remove wastewater pollutants (Cu (II), Cd (II) and Pb (II)). *Journal of Water and Environment Technology*, 18(5), 290-313.
- Affandi, A. S., Rahardja, B. S., & Suprpto, H. (2017). Pengaruh kombinasi biofilter gracilaria sp. dan zeolit terhadap logam berat timbal (Pb) pada media air laut. *Journal of Aquakultur and Fish Health*, 7(2), 10-17.
- Agus, A., & Budisatria, I. G. S. (2012). Performa Domba Yang Diberi Complete Feed Kulit Buah Kakao Terfermentasi. *Buletin Peternakan*, 36(3), 162-168.
- Agustina, T. (2014). Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan. *TEKNOBUGA: Jurnal Teknologi Busana Dan Boga*, 1(1).
- Al Ali, A., Ouda, M., Naddeo, V., Puig, S., & Hasan, S. W. (2021). Integrated electrochemical-adsorption process for the removal of trace heavy metals from wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100147.

- Alamsyah, R. B. (1999). Kebijakan, Strategi, dan Program Pengendalian Pencemaran dalam Pengelolaan Pesisir dan Laut. In *Prosiding Seminar Sehari Teknologi dan Pengelolaan Kualitas Lingkungan Pesisir dan Laut*, Bandung: Jurusan Teknologi Lingkungan ITB.
- Ali, A., Saeed, K., & Mabood, F. (2016). Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent, *Alexandria Eng. J*, 55(3), 2933-2942.
- Almughty, A. P. (2020). Pemanfaatan Kulit Rambutan (*Nephelium Lappaceum*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Lingkar: Journal of Environmental Engineering*, 1(1), 1-6.
- Amri, T. A., Priyanto, A., Ramadhan, F., & Gustantia, Y. P. (2017). Potensi Limbah Tongkol Jagung dan Sabut Buah Pinang Sebagai Adsorben. *Prosiding CELSciTech*, 2.
- Anwar, J., Shafique, U., Salman, M., Dar, A., & Anwar, S. (2010). Removal of Pb (II) and Cd (II) from water by adsorption on peels of banana. *Bioresource technology*, 101(6), 1752-1755.
- Anwar, K., Mardiyono, M., & Harmastuti, N. (2022). Karakteristik Pektin Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg) dan Uji Kemampuan Adsorpsi Logam Berat pada Limbah Laboratorium Stifera Semarang. *Jurnal Ilmiah Sains*, 8-16.
- Arifiyana, D., & Devianti, V. A. (2021). Biosorption of Fe (II) Ions from Aqueous Solution Using Kepok Banana Peel (*Musa Acuminata*). *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 6(2), 206-215.
- Ariyani, S. B. (2019). Karakteristik bioadsorben dari limbah kulit durian untuk penyerapan logam berat Fe dan Zn pada air sumur. *Jurnal teknologi proses dan inovasi industri*, 4(1), 23-28.
- Arninda, A., Sjahrul, M., & Zakir, M. (2014). Adsorpsi ion logam Pb (II) dengan menggunakan kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* Linn). *Universitas Hassanudi: Makassar*.
- Bahri, S., Musafira, M., Hardi, J., & Satrimafitrah, P. (2017). Pemanfaatan Kulit Ubi Kayu Sebagai Biosorben Pada Penjernihan Air Di Kelurahan Balaroa. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(2), 196-200.
- Budiman, J. A. P., Yulianti, I. M., & Jati, W. N. (2018). Potensi arang aktif dari kulit buah durian (*Durio Zibethinus* Murr.) dengan aktivator NaOH sebagai penjernih air sumur. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 117-124.
- Effendi, H. (2000). Telaahan Kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. *Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Elfia, M. (2019). Biosorpsi Ion Logam Berat Pb (II) Menggunakan Biosorben Batang Pisang Kepok (*Musa Acuminata* Balbisiana Colla). *Klinikal Sains: Jurnal Analisis Kesehatan*, 7(2), 76-82.
- Fauziyyah, D. M., Surana, D., & Rasyid, A. M. (2019). Konsep Ulul Albab dalam Alquran Surat Ali-Imran Ayat 190-191 Serta Implikasinya terhadap Pendidikan Islam.
- Hadikusuma, W. (2017). Mendialogkan Sains Dan Agama Dalam Upaya Resolusi Konflik. *Jurnal Ilmiah Syi'ar*, 17(1), 71-82.
- Hanifah, H. N., Hadiesoebroto, G., Reswari, L. A., & do RM Neves, J. A. (2021). Perbandingan Efektivitas Pektin Kulit Durian (*Durio zibethinus* L.) dan Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa*

- acuminata X balbisiana ABB Group) Sebagai Bioadsorben Logam Timbal. *Chimica et Natura Acta*, 9(2), 81-89.
- Harimu, L., Haetami, A., Sari, C. P., Haeruddin, H., & Nurlansi, N. (2020). Perbandingan Kemampuan Aerasi Sembur (Spray) dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Buah Kakao untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan Pada Air Sumur Gali. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(2), 137-143.
- Hernaman, I., Agustina, S., & Rahmat, D. (2021). Potensi Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Sebagai Bahan Pakan Alternatif. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan (Journal of Tropical Animal Nutrition and Feed Science)*, 3(1).
- Hevira, L., Zein, R., & Ramadhani, P. Metoda Adsorpsi pada Penyerapan Ion Logam dan Zat Warna dalam Limbah Cair. *Jurnal Berkala Ilmiah Sains dan Terapan Kimia*, 13(1), 39-58.
- Hossain, M. A., Ngo, H. H., Guo, W. S., & Nguyen, T. V. (2012). Removal of copper from water by adsorption onto banana peel as bioadsorbent. *Geomate Journal*, 2(4), 227-234.
- Hutagalung, H. P. (1984). Logam berat dalam lingkungan laut. *Oseana*, 9(1), 11-20.
- Imelda, D., Khanza, A., & Wulandari, D. (2019). Pengaruh ukuran partikel dan suhu terhadap penyerapan logam tembaga (Cu) dengan arang aktif dari kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca formatypica*). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 107-118.
- Jena, S. (2021). Adsorption of Cd (II) ions from aqueous solution using fruits peel as cost effective adsorbents.
- Kamsonlian, S., Suresh, S., Majumder, C. B., & Chand, S. (2011). Characterization of banana and orange peels: biosorption mechanism. *International Journal of Science Technology & Management*, 2(4), 1-7.
- Lubis, J. K. O., Utomo, K. P., & Sutrisno, H. (2021). Pemanfaatan Sabut Pinang (*Areca Catechu L*) Sebagai Adsorben Dalam Pengolahan Air Sumur Bor. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 5(1), 1-10.
- Najihah, Y. F., Puryanti, D., & Yetri, Y. (2018). Pengaruh komposisi kulit buah kakao, ampas tebu, dan perekat terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel dari campuran limbah kulit buah kakao dan ampas tebu. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 8-14.
- Nurfadhilla, N., Nurruhwati, I., Sudianto, S., & Hasan, Z. (2020). Tingkat pencemaran logam berat timbal (Pb) pada tutut (*filopaludina javanica*) di Waduk Cirata Jawa Barat. *Akuatika Indonesia*, 5(2), 61-70.
- Ogata, F., Kangawa, M., Tominaga, H., Tanaka, Y., Ueda, A., Iwata, Y., & Kawasaki, N. (2013). Study of adsorption mechanism of heavy metals onto waste biomass (wheat bran). *Journal of Oleo Science*, 62(11), 949-953.
- Pagoray, H. (2001). Kandungan Merkuri dan Kadmium Sepanjang Kali Donan Kawasan Industri Cilacap. *Frontir.*, 33, 1-9.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Sumber Daya Perikanan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59-65.
- Purwiandono, G., & Haidar, A. S. (2022). Studi Adsorpsi Logam Pb (II) Menggunakan Adsorben Kulit Rambut Teraktivasi HNO<sub>3</sub> dan NaOH. *Indonesian Journal Of Chemical Research (IJCR)*, 8-16.
- 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.

- Rahmi, R., & Sajidah, S. (2018, April). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 5, No. 1).
- Ramli, M., Muslim, B., & Fajriah, S. N. (2019). Integrasi Pencemaran Logam Berat dan Islam Menggunakan Metode 4-STMD. *Jurnal As-Salam*, 3(3), 102-115.
- Rosema, R., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2021). Pemanfaatan Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Pb dalam Perairan yang Tercemar Minyak Bumi. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1), 61-66.
- Sa'diyah, H. (2018). Daur ulang limbah dalam pandangan hukum islam. *AT-TURAS: Jurnal Studi Keislaman*, 5(1), 46-59.
- Setiawan, T. S., Rachmadiarti, F., & Raharjo, R. (2012). The Effectiveness of various types of orange (*Citrus Sp.*) to the reduction of Pb (lead) and Cd (cadmium) heavy metals concentration on white shrimp (*Panaeus Marguiensis*). *Lentera Bio*, 1(1), 35-40.
- Shahrokhi-Shahraki, R., Benally, C., El-Din, M. G., & Park, J. (2021). High efficiency removal of heavy metals using tire-derived activated carbon vs commercial activated carbon: Insights into the adsorption mechanisms. *Chemosphere*, 264, 128455.
- Shofiati, A., Andriani, M. A. M., & Choirul, A. (2014). Kajian kapasitas antioksidan dan penerimaan sensoris teh celup kulit buah naga (pitaya fruit) dengan penambahan kulit jeruk lemon dan stevia. *Jurnal Tekno sains Pangan*, 3(2).
- Sirilert, M., & Maikrang, K. (2018). Adsorption isotherm of some heavy metals in water on unripe and ripe peel of banana. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 26(1), 128-141.
- Sucihati, S., Sutikno, S., & Sartika, D. (2014). Pengaruh Perlakuan Awal Basa Terhadap Komposisi Lignoselulosa Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*). In *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*.
- Sulistyo, A. (2018). Konsep pendidikan lingkungan hidup dalam pandangan islam. *JCP (Jurnal Cahaya Pendidikan) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 4(1).
- Suprianingsih, N., Yenti, E., & Kurniawati, Y. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Komik Terintegrasi Islam Pada Materi Hakikat Ilmu Kimia. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 1(1), 16-25.
- Susanti, D., Firdaus, K. D. L. L., Hanifa, A. A., Caraka, F. H. P., & Hartati, I. (2015). Pelarut terbaik dalam pembuatan pektin dari limbah albedo durian (*Durio zibethinus Murray*) dengan menggunakan metode MAE (Microwave Assisted Extraction). In *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi* (Vol. 1, No. 1).
- 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.
- Syauqiah, I., Wiyono, N., & Faturrahman, A. (2017). Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment). *Konversi*, 6(1), 27-35.
- Tjahyono, N., Parmadianti, A. E., & Mahdani, F. Y. (2016). Uji Sitotoksitas Minyak Esensial Kulit Jeruk Lemon (*Citrus Limon*) Terhadap Sel Human Gingival Fibroblast (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS AIRLANGGA).

- Utami, L., & Lazulva, L. (2017). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang (*Areca chatecu L.*) sebagai Biosorben untuk Mengolah Logam Berat Pb (II). *Al-Kimia*, 5(2), 109-118.
- Wattanakornsiri, A., Rattanawan, P., Sanmueng, T., Satchawan, S., Jamnongkan, T., & Phuengphai, P. (2022). Local fruit peel biosorbents for lead (II) and cadmium (II) ion removal from waste aqueous solution: A kinetic and equilibrium study. *South African Journal of Chemical Engineering*, 42, 306-317.
- Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi air tanah akibat limbah industri dan limbah rumah tangga. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 246-254.
- Widowati, A. N. A. (2022). Pengaruh Penambahan Kulit Buah Lemon (*Citrus limon (L.)*) Kering Terhadap Karakteristik Organoleptik, Total Padatan Terlarut, pH, Kandungan Vitamin C dan Total Fenol Teh Celup Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(1), 30-39.
- Yetri, Y., & Hidayati, R. (2018, November). Kemampuan Kulit Buah Kakao (*Theobromacacao*) Sebagai Biosorben Ion Logam Hg (II) dan Ni (II). In *Seminar Nasional Industri dan Teknologi* (pp. 1-8).
- Zhaafirah, H., Fitriyano, G., & Hasyim, U. H. (2017). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Rendemen dan Identifikasi Selulosa Asetat Hasil Asetilasi dari Limbah Kulit Pisang Kepok. *Prosiding Semnastek*.