



Potensi Karbon Aktif Kulit Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Bioadsorben Logam Timbal (Pb) dari Limbah Laboratorium Farmasi

Hesty Nuur Hanifah*, Ginayanti Hadisoebroto, Lisna Dewi

Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Al Ghifari, Bandung, 40293

*Alamat email penulis koresponden: hesty@unfari.ac.id

Abstrak

Logam berat timbal (Pb) merupakan salah satu pencemar anorganik yang terkandung dalam air limbah laboratorium farmasi. Logam Pb dapat merusak ekosistem pada lingkungan dan menimbulkan berbagai penyakit berbahaya. Salah satu cara untuk mengolah limbah Pb adalah dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben. Karbon aktif merupakan adsorben yang banyak digunakan karena memiliki keserbagunaan dan keunggulan, seperti luas permukaan yang tinggi, porositas, dan terdapat gugus fungsi permukaan dalam jumlah yang besar. Limbah kulit buah bisa diubah menjadi karbon aktif karena memiliki kandungan selulosa, lignin, maupun pektin. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji efektivitas adsorpsi karbon aktif dari kulit buah salak melalui penentuan pH optimum, waktu kontak optimum, dan massa optimum. Selain itu, juga dilakukan karakterisasi karbon aktif kulit salak meliputi analisis kadar air, daya serap terhadap *methylene blue* serta pemeriksaan ukuran pori-pori dan kandungan kimia oleh alat SEM-EDS. Penetapan kadar Pb dilakukan menggunakan alat spektrofotometri serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 283,3 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas adsorpsi karbon aktif dari kulit salak adalah sebesar 93,36%. Hasil karakterisasi karbon aktif kulit salak menunjukkan bahwa karbon aktif kulit salak mempunyai kadar air sebesar 6 %, daya serap terhadap metilen biru sebesar 212,93 mg/g, dan kandungan karbon kulit salak sebesar 72,45%. Disimpulkan bahwa karbon kulit salak dapat digunakan sebagai bioadsorben logam berat timbal dari limbah laboratorium farmasi karena memiliki efektivitas adsorpsi yang tinggi dan hasil karakterisasinya memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI..

Kata kunci: Bioadsorben, timbal, kulit salak, limbah laboratorium

PENDAHULUAN

Tanaman salak (*Salacca zalacca*) merupakan salah satu tanaman asli Indonesia yang dimanfaatkan buahnya untuk dikonsumsi. Buah salak berwarna kuning putih dengan biji yang cukup keras berwarna coklat, dan dilindungi oleh kulit berwarna coklat tua yang bersisik, kasar, dan tajam. Kulit salak pada umumnya hanya dibuang dan belum banyak dimanfaatkan. Kandungan metabolit sekunder kulit salak meliputi fenol, tanin, steroid/triterpenoid, alkaloid, flavonoid dan saponin (Sutriana, *et al.*, 2022). Kulit buah salak juga mengandung serat, karbohidrat, protein, lemak dengan kadar rendah, dan air (Turmuzi & Syaputra, 2015). Menurut Kanon, *et al.* (2012), kulit salak memiliki manfaat sebagai antidiabetes, antioksidan, dan juga dapat digunakan sebagai antibakteri (Sutriana, *et al.*, 2022). Kandungan serat/polimer pada kulit buah umumnya

berupa selulosa, pektin dan lignin yang memiliki gugus-gugus hidroksil, karboksil, atau gugus negatif lainnya sehingga dapat mengikat logam yang bermuatan positif.

Meningkatkan daya serap dari suatu adsorben yang berasal dari limbah organik (bioadsorben) dapat dilakukan dengan mengubahnya menjadi karbon dengan cara dipanaskan/pirolisis pada suhu tinggi selama beberapa jam, kemudian dilakukan aktivasi kimia. Begitu juga dengan kulit salak dapat dibuat menjadi karbon dengan tujuan meningkatkan kemampuannya untuk menyerap logam-logam berat. Pemanasan terhadap bahan organik harus dilakukan dengan benar dan terkendali, yaitu cukup pada suhu 350°C selama 2–3 jam. Pengubahan kulit salak menjadi karbon aktif akan meningkatkan luas permukaan dan porositasnya sehingga diharapkan dapat memiliki efektivitas adsorpsi yang tinggi terhadap senyawa kimia atau logam berat yang ada pada limbah laboratorium dan industri farmasi.

Limbah laboratorium farmasi pada umumnya banyak mengandung zat atau senyawa kimia, senyawa obat, dan senyawa logam yang mungkin juga didapat sebagai hasil reaksi kimia. Limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dilakukan pembuangan untuk meyakinkan bahwa limbah laboratorium tersebut sudah aman serta tidak akan mencemari lingkungan, tanah, dan air tanah. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu cara reaksi oksidasi, presipitasi, koagulasi-flokulasi, filtrasi, dan lain-lain (Massimi, *et al.*, 2018). Salah satu cara pengolahan yang cukup mudah dan sederhana adalah dengan menambahkan adsorben atau bioadsorben yang bertujuan untuk menyerap senyawa-senyawa kimia berbahaya yang mungkin ada dalam limbah tersebut termasuk logam berat. Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang beracun sehingga dimasukkan ke dalam golongan limbah B3. Paparan timbal dapat mengakibatkan peningkatan resiko anemia karena penurunan kadar hemoglobin dalam darah, menimbulkan rasa mual, muntah, anoreksia, serta gangguan pencernaan jika terjadi keracunan timbal. Bahkan, paparan dalam jumlah besar dapat mengakibatkan gagal ginjal dan kelainan pada janin (Bilal, *et al.*, 2018) (Liu, *et al.*, 2012).

Proses adsorpsi terhadap logam berat dapat berlangsung dengan efektif pada pH, waktu kontak, dan massa adsorben yang sesuai. pH akan berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, dan spesi yang terserap dalam adsorpsi (Nurhasni, *et al.*, 2014), sedangkan waktu kontak memengaruhi proses difusi dan penempelan molekul adsorbat yang terjadi pada permukaan adsorben pada saat adsorpsi berlangsung (Hikmawati, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas adsorpsi dari bioadsorben karbon aktif dari kulit salak, dengan terlebih dahulu menentukan pH optimum, waktu optimum, dan juga massa optimum agar efektivitas penyerapan dapat mencapai hasil yang maksimal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Buah salak diperoleh dari penjual buah-buahan yang ada di daerah Kota Bandung. Selain kulit buah salak, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Na₂CO₃, larutan *methylene blue*, larutan iodine 0,125 N, larutan Na₂S₂O₃, indikator amilum, asam nitrat pekat, akuades, NaOH, HCl, dan limbah cair dari laboratorium.

Determinasi Tanaman

Determinasi tanaman dilakukan di Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Padjadjaran.

Pembuatan Serbuk Kulit Buah

Kulit salak yang telah dibersihkan masing-masing dipotong tipis dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 100°C, kemudian dihaluskan dengan menggunakan *blender* dan diayak menggunakan *mesh* no. 100 untuk menyeragamkan bentuk.

Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak

Serbuk kulit salak yang telah kering dipirolisis menggunakan alat pembakar tanur dengan suhu 350°C. Arang yang dihasilkan selanjutnya dihaluskan secara manual menggunakan *stamper* dan mortar lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

Aktivasi Kimia Kulit Salak

Karbon aktif kulit nangka ditimbang sebanyak 10 gram dan diaktivasi menggunakan 100 mL larutan Na_2CO_3 5,0 % lalu dilakukan pengadukan selama 5 menit dan didiamkan selama 24 jam. Campuran disaring dan dicuci kembali dengan akuades. Filtratnya diuji dengan kertas indikator pH universal hingga mencapai pH 7. Kemudian, arang dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam (SNI, 1995).

Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Salak

Karakterisasi karbon aktif kulit salak meliputi penetapan kadar air menggunakan oven, analisis daya serap terhadap metilen biru menggunakan spektrofotometri UV-Vis, dan analisis menggunakan alat SEM-EDS (Sahara dkk., 2019 dengan modifikasi)

Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Larutan standar Pb dibuat konsentrasi 0,01; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 ppm lalu diukur serapannya menggunakan instrumen AAS pada panjang gelombang maksimum 283,3 nm dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

Pengukuran Kadar Pb (Timbal) Pada Sampel Limbah

Sampel limbah dihomogenkan dan didestruksi basah dengan penambahan HNO_3 pekat. Setelah berwarna jernih, sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan akuades sampai tanda tera dan dihomogenkan lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri serapan atom (Shimadzu varian AA7000) dengan panjang gelombang 283,3 nm (SNI, 2009)..

Penentuan pH, Waktu Kontak dan Dosis Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Sampel karbon aktif kulit salak sebanyak 75 mg ditambahkan ke dalam 10 mL limbah cair. Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* pada pH yang berbeda – beda yaitu dari pH 2, 3, 4, 5, dan 6. Setelah selesai, larutan dianalisis dengan SSA dan dilakukan replikasi masing masing variasi pH sebanyak 3 kali. Setelah didapatkan pH optimum, dilakukan penentuan waktu kontak optimum dengan variasi 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Setelah itu dilakukan penentuan massa optimum dengan variasi 25, 50, 75, 100 dan 125 mg.

Efektivitas Adsorpsi Logam Pb

Efektivitas adsorpsi logam Pb dapat dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan kandungan logam (Hajar dkk., 2016):

$$Ef (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

Dimana:

E_f = Efektivitas penurunan

Y_i = kandungan logam berat Pb awal (mg/L)

Y_f = kandungan logam berat Pb akhir (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Determinasi

Hasil determinasi menunjukkan kulit nangka yang digunakan termasuk dalam spesies. *Salacca zalacca*.

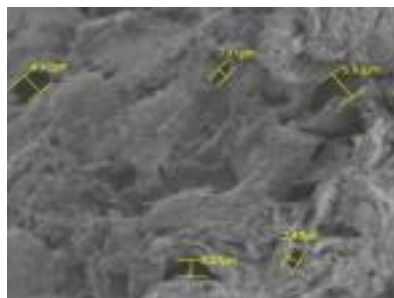
Aktivasi Secara Fisika dan Kimia

Proses aktivasi secara fisika dilakukan terhadap serbuk kulit salak yang telah dikeringkan dan dihaluskan. Proses aktivasi dilakukan dengan cara memanaskan serbuk kulit buah menggunakan crucible dengan suhu 350°C selama 1 jam. Hasil yang didapatkan adalah warna karbon aktif berwarna hitam.



Gambar 1. Karbon Aktif Kulit Salak

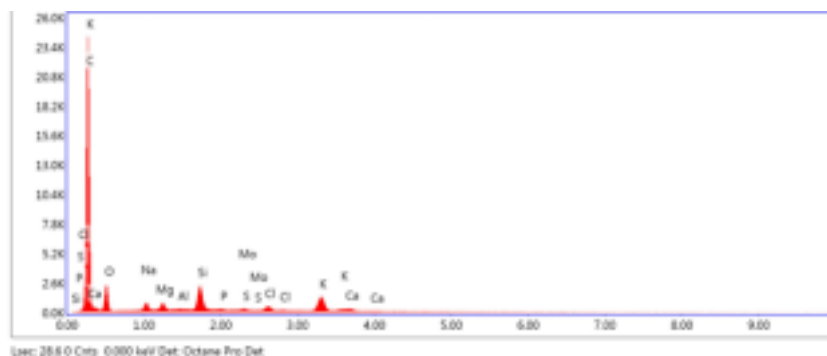
Kulit salak yang sudah diaktivasi secara fisika, direndam dengan larutan aktivator Na_2CO_3 5% kemudian diaduk dan ditutup menggunakan alumunium foil, diamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Aktivasi fisika dan kimia bertujuan untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk (Kurniawan, 2014).



Gambar 3. Ukuran Pori-pori Karbon Aktif Kulit Salak

Gambar 3 menunjukkan ukuran pori-pori yang terdapat pada karbon aktif kulit salak dengan perbesaran 1000 kali. Ukuran pori pada karbon kulit nangka memiliki range 2,11 - 5,93 μm , hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif kulit salak memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar dibandingkan ukuran pori-pori serbuk kulit salak. Hal ini terjadi karena proses aktivasi bisa memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga karbon akan mengalami perubahan yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Menéndez *et al.*, 2010).

Dalam Analisis SEM dilengkapi juga dengan analisis EDS yang dapat menunjukkan komposisi unsur kimia dari sampel. Hasil analisis EDS mengidentifikasi adanya unsur-unsur utama Karbon (C), Oksigen (O), Kalsium (Ca), Kalium (K), Silicon (Si), Natrium (Na), Magnesium (Mg).

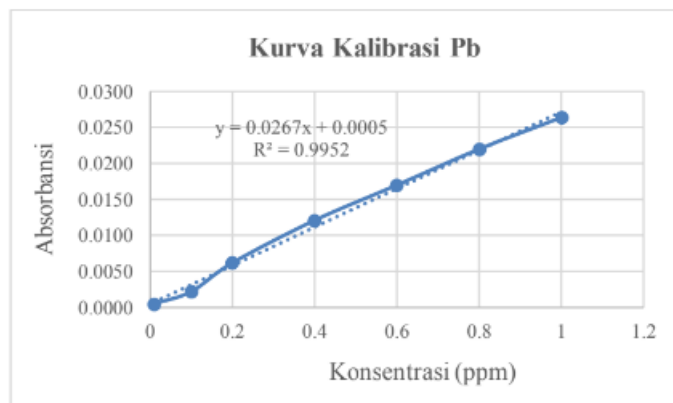


Gambar 4. Hasil EDS Karbon Aktif Kulit Salak

Dari hasil EDS, kulit salak memiliki kandungan karbon sebesar 72,45%. Kandungan unsur karbon tersebut memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995, dimana karbon aktif disyaratkan memiliki kandungan C > 65%.

Hasil Kurva Kalibrasi

Konsentrasi kurva standar Pb yang diuji dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom yaitu sebesar 0,01 ppm, 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm, 1 ppm. Dengan hasil data yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 5.

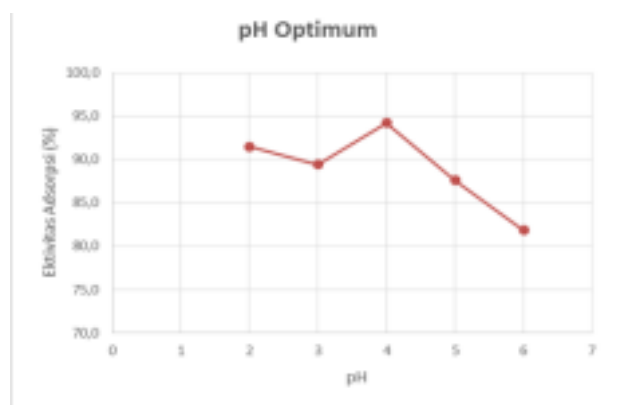


Gambar 5. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

Hasil kurva kalibrasi dari Tabel 3 dan Gambar 5 menunjukkan hubungan kadar larutan standar dengan respon instrumen yang dinyatakan dalam grafik garis lurus (linear), dengan nilai r yang diperoleh sebesar 0,9952 dan persamaan garis regresi linear $y = 0,0267x + 0,0005$. Koefisien korelasi (r) menunjukkan derajat korelasi antara variabel independen x (absorbansi) dengan variabel dependen y (konsentrasi). Apabila nilai r di antara 0,8 – 1, tingkat hubungan antara variabel x dan y sangat kuat (Sugiono, 2014).

Penentuan pH Optimum

Salah satu parameter penting yang menentukan kemampuan adsorben dalam menyerap logam adalah pH. Oleh karena itu kondisi pH harus diatur agar diperoleh kapasitas adsorpsi yang baik (Mawardi, 2015). pH suatu larutan dapat mendorong atau menghambat terjadinya proses adsorpsi pada suatu larutan, hal ini dikarenakan kondisi pH yang terdapat pada larutan mempengaruhi bentuk ion dari logam yang diserap, jenis adsorbat dan muatan pada permukaan adsorben yang digunakan (Lacerda *et al.*, 2015).



Gambar 6. pH Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Penentuan pH optimum dilihat dari nilai efektivitas adsorpsi (%) yang tertinggi. Bila nilai efektivitasnya tinggi, maka jumlah Pb yang terserap oleh bioadsorben tinggi. Berdasarkan Gambar 6, pH optimum karbon aktif kulit salak berada di pH 4.

Pada pH 2 dan 3, kapasitas adsorpsi lebih rendah karena larutannya terlalu asam, sehingga terjadi persaingan ion H^+ dan ion $Pb(II)$ untuk berikatan dengan situs negatif pada permukaan adsorben. Pada pH 4, jumlah ion H^+ menurun sehingga banyak ion $Pb(II)$ yang menempel di permukaan adsorben. Pada pH 5 dan 6 efektivitas adsorpsi menurun, karena pada pH yang tinggi terdapat lebih banyak ion OH^- sehingga menyebabkan reaksi antara Pb^{2+} dengan OH^- , sehingga membentuk endapan $Pb(OH)_2$. Endapan ini dapat menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung (Sulistyawati, 2008 dalam Baidho, 2013).

Penentuan Waktu Optimum Karbon Aktif Kulit Nangka

Waktu kontak karbon aktif dengan ion logam sangat mempengaruhi proses adsorpsi. Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorben karbon aktif kulit salak dalam menyerap logam Pb secara maksimum. Dalam prosesnya, penyerapan berlangsung secara terus menerus sebelum tercapai kesetimbangan (Jayanti, dkk., 2015).

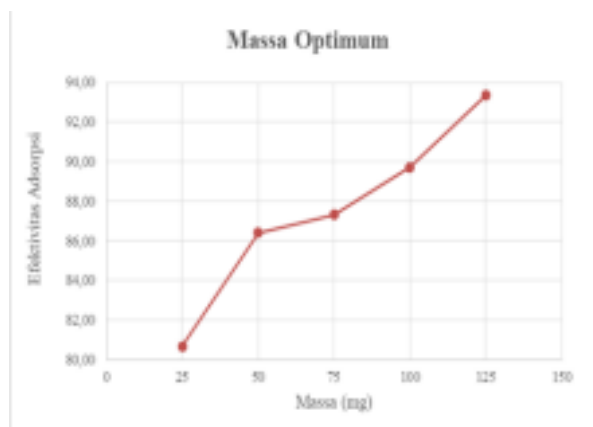


Gambar 7. Waktu Kontak Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Gambar 7 menunjukkan bahwa waktu kontak optimum karbon aktif kulit salak untuk menyerap logam timbal adalah 75 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak kesempatan partikel arang aktif yang bersinggungan dengan logam sehingga menyebabkan semakin banyak logam yang terikat didalam pori-pori arang aktif (Teguh, 2010 dalam Jayanti dkk., 2015).

Penentuan Massa Optimum Karbon Aktif Kulit Nangka, Kulit Semangka, dan Kulit Salak

Selain pH dan waktu kontak, factor lain yang menentukan proses adsorpsi adalah massa adsorben. Dari Gambar 8 terlihat bahwa massa optimum karbon aktif kulit salak adalah 125 mg. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar massa adsorben maka semakin banyak konsentrasi ion timbal yang terserap. Bertambahnya berat karbon aktif kulit salak sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaannya sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapan pun meningkat (Wardalia, 2017).



Gambar 8. Massa Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Efektivitas Karbon Aktif Kulit Salak

Pengujian efektivitas karbon aktif kulit salak dilakukan pada kondisi optimum yaitu: pada pH 4, waktu kontak 75 menit dan massa adsorben 125 mg. Efektivitas karbon aktif kulit salak dalam mengadsorpsi logam timbal adalah sebesar 93.36%. Tingginya daya serap karbon aktif kulit salak terhadap logam timbal dikarenakan karbon aktif kulit salak mengandung gugus fungsi $-OH$, $C-H$ alifatik, $C-O$, $Si-O$, $C-C$ alkil (Wijayanti & Widjajanti, 2017). Gugus fungsi tersebut dapat melakukan pengikatan dengan ion logam (Ibbet, 2006; Herwanto, 2006 dalam Safrianti, dkk., 2012).

KESIMPULAN

Bioadsorben karbon aktif kulit salak memiliki kemampuan untuk menyerap logam timbal (Pb) dengan efektivitas adsorpsi yang tinggi, yaitu sebesar 93,36 %, pada kondisi pH optimum 4, waktu kontak optimum 75 menit dan massa optimum 125 mg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dananya, serta kepada LPPM Universitas Al-Ghifari dan Staf Laboratorium Analisis Instrumen Universitas Al-Ghifari.

DAFTAR PUSTAKA

- Baidho, Z.E., Tisa, L., Sofa, R., Indah, H. 2013., Adsorpsi Logam Berat Pb dalam Larutan Menggunakan Senyawa Xanthate Jerami Padi. Prosiding SNST ke-4 ISBN 978-602-99334-2-0, Semarang : Universitas Wahid Hasyim.
- Bilal, M., Rasheed, T., Sosa-Hernandez, J. E. & Raza, A. 2018. Biosorption: An Interplay between Marine Algae and Potentially Toxic Elements—A Review. *Marine Drugs*. 16(2): 65-80.
- Hajar, E.W.I., Sitorus, R.S., Mulianingtias, and N., Welan, F.J., 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, Volume 5 No. 1. doi: <http://dx.doi.org/10.20527/k.v5i1.4771>.
- Hikmawati, D. I. 2018. Studi Perbandingan Kinerja Serbuk dan Arang Biji Salak Pondoh (*Salacca zalacca*) pada Adsorpsi Metilen Biru. *Chimica et Natura Acta*. 6(2): 85-92.

- Jayanti, S., Sumarni, N. K., dan Musafira. 2015. Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* Linn.) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 pada Penyerapan Logam Timbal. *Kovalen*. (1)1: 13 – 19.
- Kanon, M. Q., F. & Bodhi, W. 2012. Uji Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Salak (*Salacca zalacca* (Gaertn.) Voss) Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Tikus Putih Jantan Galur Wistar (*Rattus norvegicus* L.) yang Diinduksi Sukrosa. *Jurnal Pharmacon*. 1(2): 52-58.
- Kurniawan, R.; Lutfi, M.; Agung, W. 2014. Karakteristik Luas Permukaan Bet (Brainanear, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(2): 15-20.
- Lacerda, et al. 2015. Rhodamine B removal with activated carbons obtained from lignocellulosic waste. *J. Environ. Manag.* Vol. 155: 67–76.
- Liu, J., McCauley, L., Chonghuai, Y. & Xiaoming, S. 2012. Low blood lead levels and hemoglobin concentrations in preschool children in China. *Toxicology and environmental chemistr*. 94(2): 423-426.
- Massimi, L. et al. 2018. Efficiency Evaluation of Food Waste Materials for the Removal of Metals and Metalloids from Complex Multi-Element Solutions. *Materials*. 11(3): 334.
- Menéndez, M.J.A., A. A. B. Fidalgo, Y. Fernández, L. Zubizarreta, E.G. Calvo, J.M. Bermúdez. 2010. Microwave heating processes involving carbon materials”. *Journal Fuel Processing Technology*. Vol 91: 1–8.
- Nurhasni, Hendrawati & Saniyyah, N. 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air. *Jurnal Valensi*. 4(1): 130-138.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., Zaharah, T.A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 1(1): 1
- Sahara, E., Dahliani, N. K., & Manuaba, I. B. P. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Tanaman Gomitir (*Tagetes Erecta*) Dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*, 174.
- Standar Nasional Indonesia.1995. “SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis”. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Standarisasi Nasional Indonesia., 2009. SNI.-6989-6-2009. Cara Uji Tembaga (Cu) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Flame. Jakarta.
- Sutriana, A. et al. 2022. Pemanfaatan Kulit Buah Salak sebagai Antibakteri *Pseudomonas Aeruginosa*. *Buletin Veteriner Udayana*. 14(6): 751-758.
- Sugiyono. 2014. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta.
- Turmuzi, M. & Syaputra, A. 2015. Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca edulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1): 42-46.
- Verayana, M. Paputungan, H. Iyabu. 2018. Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*. 13(1): 67-75.
- Wardalia. 2017. Pengaruh Massa Adsorben Limbah Sekam Padi Terhadap Penyerapan Konsentrasi Timbal. *Jurnal Teknika*. 13 (1): 71 – 80.
- Wijayanti dan Widjajanti, E. 2017. Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi terhadap Krom (III). *Jurnal Kimia Dasar*. 6(1): 11-18.