



PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH SABUT PINANG ASAL PULAU TIMOR SEBAGAI BIOSORBEN LOGAM Ca DAN Mg DALAM AIR TANAH

Matius Stefanus Batu*, Emerensiana Naes, Maria Magdalena Kolo
Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Timor, Kefamenanu
*Email: steve_b79@unimor.ac.id

Abstrak

Pembuatan karbon aktif dari limbah sabut pinang sebagai biosorben logam Ca dan Mg dalam air tanah telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan kadar abu, kadar air, dan bilangan iodin karbon aktif dari limbah sabut pinang, serta dapat menentukan waktu kontak optimum dan kapasitas adsorpsi pada adsorpsi logam Ca dan Mg dalam air tanah. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara karbonasi dan aktivasi. Aktivator yang digunakan adalah H_2SO_4 1,5 M dengan waktu perendaman selama 24 jam. Proses adsorpsi dilakukan secara batch dengan variasi waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah sabut pinang memiliki kadar abu sebesar 14,97%, kadar air 7,17%, bilangan iodin 1.070,19 mg/g dan hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki gugus fungsi OH, C-H, C-O, $C\equiv C$, C=C, dan C=O. Kondisi waktu optimum pada adsorpsi karbon aktif sabut pinang terhadap logam kalsium dan magnesium dalam air tanah yaitu pada waktu kontak 90 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,1196 mg/g untuk logam Ca dan 0,7540 mg/g untuk logam Mg.

Kata Kunci: Adsorpsi, Karbon Aktif, Kalsium, Limbah Sabut Pinang, Magnesium

Abstract

The production of activated carbon from areca nut waste as a biosorbent for Ca and Mg in groundwater has been done. This research aimed to determine the ash content, water content, and iodine number of activated carbons from areca nut waste and determine the optimum contact time and adsorption capacity for the adsorption of Ca and Mg in groundwater. Activated carbon making is done by carbonation and activation. The activator used was H_2SO_4 1,5 M with a soaking time of 24 hours. The adsorption process is carried out in batches with variations in contact time. The results showed that the activated carbon from areca nuts waste had an ash content of 14,97%, water content of 7,17%, iodine number of 1,079.19 mg/g, and the FTIR characterization results showed that activated carbon has the functional groups OH, CH, CO, $C\equiv C$, C=C and C=O. The optimum time condition for the adsorption of areca fiber-activated carbon to calcium and magnesium in groundwater is at a contact time of 90 minutes with an adsorption capacity of 2.1196 mg/g for Ca and 0.7540 mg/g for Mg.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Areca Fiber Nut Waste, Calcium, Magnesium

1. PENDAHULUAN

Air tanah merupakan sumber air yang memiliki kuantitas dan kualitas yang berpotensi untuk memenuhi kebutuhan dasar makhluk hidup (Bagaskoro dkk., 2020). Masalah yang sering dihadapi dalam pengelolaan air tanah yaitu tingkat kesadahan air yang tinggi karena proses pengambilannya melewati berbagai lapisan tanah seperti tanah berkapur yang banyak mengandung logam Ca dan Mg

(Husaini dkk., 2020). Berdasarkan PerMenKes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan air minum, nilai kesadahan yang melebihi kadar maksimum 500 mg/L tidak dapat digunakan untuk konsumsi domestik.

Kesadahan yang tinggi biasanya terdapat pada air tanah di daerah yang banyak terdapat batuan berkapur. Tingkat kesadahan air yang tinggi mengakibatkan kerugian khususnya bagi manusia. Hal ini disebabkan

karena kesadahan dapat membentuk garam-garam kalsium dan magnesium yang sukar larut dalam air sehingga akan mengendap dan jika dibiarkan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan korosi dan kerak pada dinding peralatan industri dan perabot rumah tangga (Lutfia dan Nurhayati, 2022). Selain itu juga, air tanah yang mengandung logam Ca dan Mg dapat menyebabkan masalah pada kesehatan manusia, yakni dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah (*cardiovascular disease*), penyakit batu ginjal (*urolithiasis*) (Husaini dkk., 2020), penyumbatan saluran kemih (Sa'adah dkk., 2021), dan dapat menurunkan kinerja dari otot saraf dan otot jantung (Sulistiyowati, 2022). Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kesadahan air akibat kelebihan logam Ca dan Mg yaitu metode adsorpsi.

Adsorpsi merupakan proses akumulasi molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan karena adanya gaya tarik menarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat (Widyasari dkk., 2021). Umumnya adsorben disintesis dari bahan alami seperti dari limbah pertanian, biomassa, serbuk gergaji, dan adsorben lainnya karena bahan dasarnya mudah didapat dan jumlahnya melimpah di alam (Utami dan Lazulva, 2017). Salah satu bahan alami yang dapat dijadikan sebagai adsorben adalah sabut pinang.

Tanaman pinang termasuk salah satu jenis palma. Tanaman ini belum banyak dikembangkan pemanfaatannya jika dibandingkan dengan tanaman lainnya. Tanaman pinang ini banyak tumbuh di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) khususnya di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU). Tanaman pinang ini biasanya tumbuh di pekarangan rumah yang digunakan sebagai tanaman hias dan buahnya biasanya digunakan masyarakat untuk dikonsumsi dengan sirih baik dalam kehidupan sehari-hari maupun pada upacara-upacara adat. Dari hasil penggunaan buah pinang umumnya meninggalkan limbah yang berupa sabut yang dapat mencemari lingkungan karena limbahnya sangat banyak dan hanya terbuang percuma.

Pengolahan sabut pinang sejauh ini hanya digunakan di industri yakni sebagai bahan baku pembuatan kuas gambar atau kuas alis mata, sehingga pemanfaatan sabut pinang belum dilakukan secara optimal. Limbah sabut pinang memiliki komposisi senyawa kimia antara lain selulosa (63,20 %), hemiselulosa (32,98 %), lemak (0,64 %), dan lignin (7,20 %) (Muslim dkk., 2015). Dari beberapa komposisi senyawa kimia tersebut, selulosa memiliki komposisi tertinggi sehingga limbah sabut pinang berpotensi dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif untuk proses adsorpsi. Selain kandungan selulosa, efektifitas dari proses adsorpsi dapat dimaksimalkan dengan cara aktivasi. Pada penelitian ini, karbon dari sabut pinang akan diaktivasi secara kimia menggunakan aktivator H_2SO_4 untuk melarutkan mineral-mineral organik dan menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan pada senyawa organik sehingga pori dari karbon akan semakin terbuka (Sitanggang dkk., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dari limbah sabut pinang meliputi kadar air, kadar abu dan bilangan iodin serta menentukan waktu kontak dan kapasitas optimum pada proses adsorpsi logam Ca dan Mg.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Preparasi Limbah Sabut Pinang

Limbah sabut pinang diambil sebanyak 2 kg, dimasukkan ke dalam wadah lalu dicuci dengan air sampai bersih. Selanjutnya sabut pinang dikeringkan di bawah sinar matahari dan dilanjutkan dikeringkan dalam oven pada suhu $105^\circ C$ sampai berat konstan.

2.2 Karbonasi Limbah Sabut Pinang

Limbah sabut pinang yang telah kering, dipotong kecil-kecil lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin, selanjutnya dimasukkan ke dalam tanur untuk dilakukan proses karbonasi pada suhu $400^\circ C$ selama 15 menit. Karbon yang dihasilkan, didinginkan, dan dihaluskan menggunakan mortar kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen.

2.3 Aktivasi Karbon Limbah Sabut Pinang

Karbon sabut pinang ditimbang sebanyak 25 gram, kemudian direndam dalam 250 ml H_2SO_4 1,5 M selama 24 jam. Setelah itu disaring dan dibilas dengan akuades sampai pH netral. Langkah selanjutnya, residu dikeringkan dalam oven pada suhu $110^\circ C$ selama 3 jam kemudian ditimbang. Karbon aktif sabut pinang yang dihasilkan dikarakterisasi kadar abu, kadar air, bilangan iodin, dan dianalisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui sisa mineral dan oksida logam yang terkandung dalam karbon aktif yang tidak larut pada proses karbonasi dan aktivasi. Kadar abu berpengaruh pada kualitas karbon aktif, dimana keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan pori karbon aktif, sehingga luas permukaannya menjadi berkurang. Tujuan uji daya serap iodin yakni untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan berwarna (Meilianti, 2018). Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam biosorben. Adanya gugus aktif pada karbon aktif dapat mempengaruhi sifat kimia dari karbon aktif dimana gugus-gugus ini akan berinteraksi dengan molekul adsorbat (Nabilla dan Rusmini, 2019).

2.4 Adsorpsi Logam Ca Dan Mg Dengan Karbon Aktif Limbah Sabut Pinang Pada Variasi Waktu Kontak Optimum

Sebanyak 0,5 gram karbon aktif limbah sabut pinang dan sampel air tanah sebanyak 50 mL. Larutan kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan kecepatan 300 rpm dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 180 menit. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman nomor 42. Selanjutnya kandungan Ca dan Mg dalam filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Perhitungan kapasitas adsorpsi logam Ca

dan Mg dirujuk dari Mahmudi dkk., (2020) sesuai dengan persamaan 1 berikut:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (1)$$

Dengan:

q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal logam (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir logam (mg/L)

m = Massa adsorben

V = Volume larutan (L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Sabut Pinang

3.1.1 Kadar abu

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar abu dari karbon setelah diaktivasi dengan aktivator H_2SO_4 memiliki kadar abu lebih rendah dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Kadar abu yang dihasilkan lebih rendah karena dipengaruhi oleh kemampuan aktivator asam sulfat saat aktivasi dalam melarutkan pengotor berupa oksida logam dan mineral anorganik yang menutupi pori karbon aktif. Sisa-sisa mineral sebagian besar sudah terbuang saat proses aktivasi sehingga tidak menutupi pori karbon aktif (Sitanggang dkk., 2017).

3.1.2 Kadar air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif yang dihasilkan. Umumnya karbon aktif memiliki sifat afinitas yang sangat besar terhadap air. Sifat higroskopis ini yang menyebabkan karbon aktif dapat digunakan sebagai suatu adsorben (Sitanggang dkk., 2017). Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air dari karbon setelah diaktivasi dengan H_2SO_4 memiliki kadar air lebih rendah yakni sebesar 7,17 % dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Penurunan kadar air ini disebabkan oleh aktivator H_2SO_4 karena berfungsi sebagai agen pendehidrasi yang dapat mengikat molekul air pada karbon aktif sehingga kandungan air yang dihasilkan akan lebih rendah dan menyebabkan pori dari karbon aktif semakin besar (Syauqi dkk., 2016).

3.1.3 Bilangan iodin

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa daya serap iodin dari karbon teraktivasi H_2SO_4 memiliki bilangan iodin lebih tinggi yakni 1.070,19 mg/g dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan aktivator, lama waktu aktivasi, dan suhu yang digunakan menyebabkan kemampuan karbon aktif meningkat dalam menyerap iodin. Besarnya bilangan iodin ini disebabkan karena terbentuknya pori pada karbon sehingga banyak pelat-pelat karbon yang bergeser menghilangkan senyawa berupa hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lainnya untuk keluar pada saat aktivasi (Pari dkk., 2006). Berdasarkan hasil penelitian, karbon aktif dari limbah sabut pinang memenuhi standar kualitas karbon aktif menurut SNI Nomor 06-3730-1995, sehingga karbon

aktif ini dapat digunakan sebagai biosorben pada proses adsorpsi.

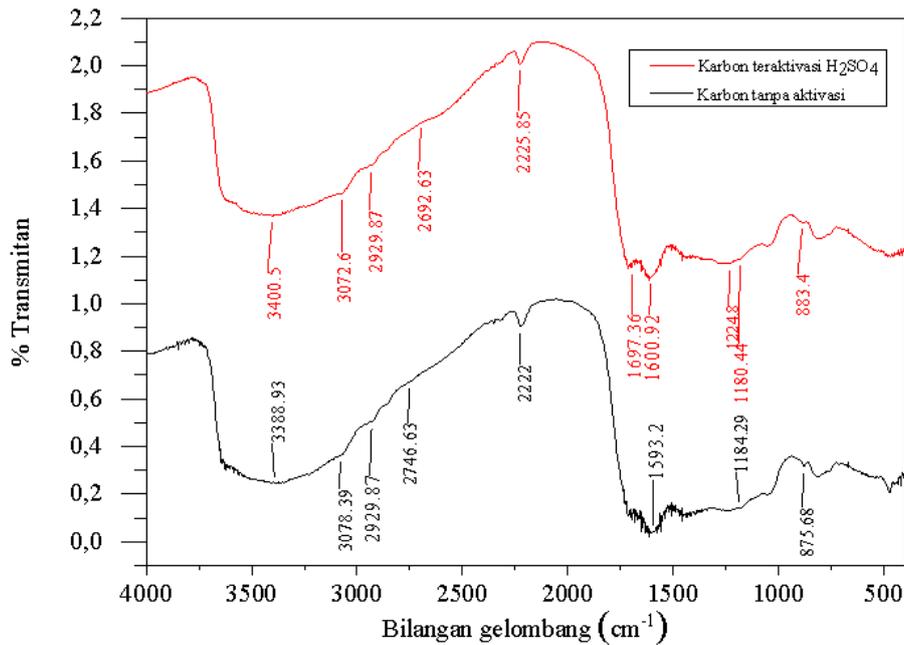
Tabel 1. Hasil karakterisasi karbon aktif limbah sabut pinang

Sampel	Kadar abu (%)	Kadar air (%)	Bilangan iodin (mg/g)
Karbon tanpa aktivasi	16,6	11,28	926,37
Karbon teraktivasi H_2SO_4	14,97	7,17	1.070,19
SNI 06-3730-1995	≤ 15	≤ 10	Min 750

3.2 Gugus Fungsional Dari Karbon Aktif Limbah Sabut Pinang

Spektrum IR dari karbon limbah sabut pinang sebelum (tanpa aktivasi) dan sesudah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 1 dan dipaparkan melalui Tabel 2. Berdasarkan hasil pembacaan spektrum FTIR terlihat bahwa terdapat perbedaan antara spektrum karbon limbah sabut pinang tanpa aktivasi dan sesudah aktivasi yang memperlihatkan adanya perbedaan gugus fungsi pada permukaan karbon. Pada spektrum karbon limbah sabut pinang tanpa aktivasi (Gambar 1a) terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 3078,39 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi -OH dari alkohol atau fenol sedangkan puncak yang melebar pada 3388,93 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi O-H dari asam karboksilat. Hasil ini mendekati hasil penelitian terdahulu yaitu pada bilangan gelombang 3659,12 cm^{-1} (Utami dan Novallyan, 2019). Pita serapan pada bilangan gelombang 2929,87 cm^{-1} menunjukkan gugus C-H alkana dan pada 2222,0 menunjukkan gugus $C\equiv C$ alkuna (Ahmad dan Haseeb, 2017) serta pada bilangan gelombang 1593,2 cm^{-1} menunjukkan gugus C=C aromatik dan bilangan gelombang 1184,9 cm^{-1} menunjukkan gugus C-O (Chakravarty dkk., 2010). Pita serapan pada bilangan gelombang 875,68 cm^{-1} menandakan adanya gugus C-H aromatik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu pada bilangan gelombang 800,48 cm^{-1} (Utami dan Novallyan, 2019).

Gambar 1b menampilkan spektrum FTIR dari karbon limbah sabut pinang setelah diaktivasi dengan H_2SO_4 dimana terjadi pergeseran gugus O-H dari 3388,93 dan 3078,39 cm^{-1} bergeser menjadi 3400,5 dan 3072,6 cm^{-1} . Gugus $C\equiv C$ juga bergeser dari bilangan gelombang 2222,0 cm^{-1} menjadi 2225,85 cm^{-1} . Spektrum dari gugus C=C aromatik bergeser dari 1593,2 cm^{-1} menjadi 1600,92 cm^{-1} dan gugus C-H aromatik bergeser dari bilangan gelombang 875,68 cm^{-1} menjadi 883,4 cm^{-1} . Pergeseran ini mengindikasikan terjadinya perubahan gugus-gugus fungsi dan munculnya gugus fungsi baru pada proses aktivasi menggunakan H_2SO_4 yang ditandai dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 1697,36 cm^{-1} yang menunjukkan gugus C=O untuk aldehyd. Hasil ini mendekati penelitian sebelumnya dimana gugus C=O aldehyd muncul pada bilangan gelombang 1728,29 cm^{-1} dan 1739,87 cm^{-1} (Utami dan Lazulva, 2017).



Gambar 1. Spektrum FTIR Biosorben dari karbon limbah sabut pinang tanpa aktivasi (a) dan (b) karbon limbah sabut pinang teraktivasi H₂SO₄

Tabel 2. Gugus fungsi dari karbon aktif limbah sabut pinang

Karbon tanpa aktivasi (cm ⁻¹)	Karbon teraktivasi H ₂ SO ₄ (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
3078,39	3072,6	C-H Alkena
875,68	883,4	C-H Aromatik
1184,9	1224,8	C-O Alkohol, eter, asam karboksilat, ester
2929,87	2929,87	C-H Alkana
1593,2	1600,92	C=C aromatik
2222,0	2225,85	C≡C Alkuna
1184,9	1180,44	C-N Amina, Amida
-	1697,36	C=O Aldehid
3078,39	3072,6	O-H Alkohol dan fenol
3388,93	3400,5	O-H Asam karboksilat

3.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum Dan Kapasitas Adsorpsi Pada Adsorpsi Logam Ca Dan Mg Dalam Air Tanah

Hasil pengukuran konsentrasi logam Ca dan Mg dalam air tanah setelah adsorpsi serta penentuan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif limbah sabut pinang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi logam Ca dan Mg dan nilai kapasitas adsorpsi pada variasi waktu kontak

Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir (mg/L)		Kapasitas adsorpsi (mg/g)	
	Ca	Mg	Ca	Mg
30	28,1995	17,377	1,0623	0,1284
60	27,1490	16,480	1,1673	0,2181
90	17,6265	11,121	2,1196	0,7540
120	21,6435	13,321	1,7179	0,5340
180	23,4290	15,081	1,5393	0,3580

Tabel 3 menunjukkan bahwa adsorpsi karbon aktif dari limbah sabut pinang terhadap logam kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) secara umum mengalami penurunan konsentrasi dan kenaikan kapasitas adsorpsi pada waktu 30 sampai 90 menit. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak partikel dari karbon aktif yang bertabrakan dan berinteraksi dengan logam Ca dan Mg yang mengakibatkan terjadinya peningkatan kemampuan adsorpsi (Radiyahati dkk., 2019). Selain itu, peningkatan waktu kontak dapat meningkatkan peluang gugus fungsi pada adsorben untuk berinteraksi ion logam (Rakhmania dkk., 2017). Pada waktu kontak 120 sampai 180 menit terjadi kenaikan konsentrasi logam Ca dan Mg serta penurunan kapasitas adsorpsi yang disebabkan karena pori-pori dari karbon aktif sudah terisi penuh sehingga menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi jenuh dan kemampuan adsorpsinya pun menurun (Bangun et al., 2016). Dari hasil penelitian diperoleh waktu kontak optimum pada adsorpsi logam Ca dan Mg

menggunakan karbon aktif dari limbah sabut pinang tercapai pada menit ke-90 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,1196 mg/g untuk logam Ca dan 0,7540 mg/g untuk logam Mg.

4. KESIMPULAN

Karakteristik karbon aktif dari limbah sabut pinang yang telah diaktivasi dengan H₂SO₄ 1,5 M memiliki kadar abu sebesar 14,97 %, kadar air sebesar 7,17 % dan bilangan iodin sebesar 1.070,19 mg/g. Dari hasil karakterisasi menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah sabut pinang telah memenuhi Standar Nasional Indonesia nomor 06-3730-1995 sehingga dapat berpotensi sebagai biosorben. Waktu kontak optimum yang diperoleh untuk adsorpsi logam kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam air tanah menggunakan karbon aktif dari limbah sabut pinang adalah pada waktu kontak 90 menit dan kapasitas adsorpsi dari logam kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) adalah 2,1196 mg/g dan 0,7540 mg/g.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., & Haseeb, S. (2017). Adsorption of Pb(II) on Mentha Piperita Carbon (MTC) in Single and Quaternary Systems. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S412-S421.
- Bagaskoro, A. P., Ayunda, L. F., & Siswati, N. D. (2020). Pemanfaatan Bulu Ayam Sebagai Adsorben Logam Fe Dalam Air Tanah. *Chempro : Journal of Chemical and Process Engineering*, 01(01), 1-8.
- Bangun, T. A., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2016). Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Buah Karet untuk Adsorpsi Ion Besi(II) dalam Larutan. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3), 18-24.
- Chakravarty, P., Sarma, N. Sen, & Sarma, H. P. (2010). Biosorption of Cadmium(II) From Aqueous Solution Using Heartwood Powder of Areca catechu. *Chemical Engineering Journal*, 162(3), 949-955.
- Husaini, A., Yenni, M., & Wuni, C. (2020). Efektivitas Metode Filtrasi Dan Adsorpsi Dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur Di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi. *Jurnal Formil (Forum Ilmiah) Kesmas Respati*, 5(2), 91-102.
- Lutfia, Z. L., & Nurhayati, I. (2022). Karbon Aktif Kulit Singkong Sebagai Media Filtrasi untuk Menurunkan Bakteri E. Coli dan Kesadahan Air Sumur. *Jurnal Teknik WAKTU*, 20(01), 1-11.
- Mahmudi, M., Arsad, S., Amelia, M. C., Rohmaningsih, H. A., & Prasetya, F. S. (2020). An Alternative Activated Carbon from Agricultural Waste on Chromium Removal. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8), 1-9.
- Meilianti. (2018). Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 1-9.
- Muslim, A., Devrina, E., & Fahmi, H. (2015). Adsorption of Cu(II) from the Aqueous Solution By Chemical Activated Adsorbent of Areca catechu Shell. *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(12), 1654-1666.
- Nabilla, L. E., & Rusmini. (2019). Pengaruh Waktu Kontak Karbon Aktif dari Kulit Durian terhadap Kadar COD, BOD, dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 6(2), 47-53.
- Pari, G., Tohir, D., Mahpudin, & Ferry, J. (2006). Arang Aktif Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Bahan Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(4), 309-322.
- Radiyahwati, R., Pratiwi, D. E., & Yunus, M. (2019). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L) terhadap Kromium (Cr) Total. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 20(1), 71-80.
- Rakhmania, C. D., Khaeronnisa, I., Ismuyanto, B., Juliananda, & Himma, N. F. (2017). Adsorpsi Ion Kalsium Menggunakan Biomassa Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Diregenerasi HCl. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 1(1), 197-203.
- Sa'adah, U. L., Mukono, J., Sulistyorini, L., & Setioningrum, R. N. K. (2021). Kesadahan Air Minum dengan Kadar Kalsium Urin dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat Samaran Barat Desa Samaran Sampang. *Media Gizi Kesmas*, 10(2), 246-253.
- Sitanggang, T., Shofiyani, A., & Syahbanu, I. (2017). Karakterisasi Adsorpsi Pb (II) pada Karbon Aktif dari Sabut Pinang (Areca catechu L.) Teraktivasi H₂SO₄. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(4), 49-55.
- Sulistiyowati, R. (2022). Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan Terhadap Kadar Kesadahan Air Sumur di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(3), 286-294.
- Syauqi, M. R., Bali, S., & Itnawita. (2016). Adsorpsi Arang Aktif sabut Pinang (Areca catechu L) Menggunakan Aktivator H₂SO₄ Terhadap Ion Logam Kadmium (Cd²⁺) dan Timbal (Pb²⁺). 1-10.
- Utami, L., & Lazulva. (2017). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang (Areca catechu L.) Sebagai Biosorben untuk Mengolah Logam Berat Pb (II). *Al-Kimia*, 5(2), 109-118.
- Utami, W., & Novallyan, D. (2019). Potensi Arang Aktif dari Limbah Sabut Pinang (Areca catechu L) Provinsi Jambi sebagai Biosorben. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2(1), 24-26.
- Widyasari, E., Supriadi, S., & Said, I. (2021). Adsorption Capacity of Activated Charcoal Made of Rice Husk on Cd(II) Metal Ions. *Jurnal Akademika Kimia*, 10(1), 64-69.