

Media Eksakta

Journal available at: <http://jurnal.fkip.untad.ac.id/index.php/jme>

e-ISSN: [2776-799x](#) p-ISSN: [0216-3144](#)

Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai Penyerap Logam Timbal dalam Oli Bekas *Utilization of Activated Charcoal from Cocoa Peel (*Theobroma cacao L.*) as Lead Adsorbent in Used Oil*

*Ferawanda¹, T. Santoso¹, S. Aminah¹, Afadil¹

¹Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Tadulako, Indonesia

*e-mail: ferawanda05@gmail.com

Article Info

Article History:

Received: 21 June 2021

Accepted: 23 June 2021

Published: 30 November 2023

Keywords:

Activated charcoal, adsorption, contact time, weight, atomic absorption spectrophotometer (AAS)

Abstract

This study aims to determine the optimum contact time and optimum weight of Pb metal adsorption in used oil by cocoa shell activated charcoal using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. Water content with drying for 2 hours, ash content is done by the ashing method (dry ashing) for 3 hours, determination of contact time with variations of 10, 20, 30, 40, and 50 minutes, and determination of optimum weight is done with weight variations of 2, 4, 6, 8 and 10 grams. The results showed that the water content and ash content of cocoa shell activated charcoal were 2.2026% and 25.3081%, respectively, the equilibrium contact time was achieved at 40 minutes with the percentage of Pb metal ion adsorption in used oil absorbed was 98.37%, the optimum weight obtained was 8 grams with the percentage of Pb metal ion adsorption in used oil was 98.40%.

DOI : <https://doi.org/10.22487/me.v19i2.982>

PENDAHULUAN

Tanaman kakao merupakan salah satu tumbuhan produktif yang penting di Indonesia, karena tanaman ini selain sebagai sumber mata pencaharian masyarakat juga memiliki nilai produksi bahan makanan. Tanaman ini menghasilkan buah kakao yang memiliki bagian-bagian yang terdiri dari kulit buah (*pod*), arilus (*pulp*) dan biji kakao. Kulit kakao adalah kulit bagian terluar yang menyelubungi biji kakao dengan tekstur kasar, tebal, dan agak keras. Seiring dengan meningkatnya penanaman serta produksi kakao maka meningkat pula limbah kulit kakao yang merupakan 75% dari buah kakao tersebut. Pemanfaatan limbah kulit kakao dapat digunakan sebagai pakan ternak, briket, bahan bakar dan pupuk kompos [1].

Limbah kulit kakao berpotensi untuk dijadikan arang aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung lignin 60,67%, selulosa (holoselulosa) 36,47% dan hemiselulosa 18,90% [2]. Kulit kakao sebagai adsorben

untuk menangani masalah pencemaran air oleh limbah logam berat seperti timbal (Pb), besi (Fe), cadmium (Cd) dan kromium (Cr) karena logam berat tersebut sangat mudah terperangkap dalam pori-pori arang aktif dengan proses adsorpsi [3].

Arang aktif merupakan arang yang konfigurasi atom karbonnya bebas dari ikatan dengan unsur lain masing-masing berikatan secara kovalen serta pori-porinya bersih dari unsur lain atau kotoran. Karakter tersebut yang memberikan permukaan arang atau pusat aktif menjadi bersih dan lebih luas. Luas area pusat aktif ini yang memperbesar kapasitas adsorpsi dan efektivitas kegunaannya sebagai adsorben terhadap pusat aktif ini yang memperbesar kapasitas adsorpsi dan efektivitas kegunaannya sebagai adsorben terhadap suatu cairan seperti minyak pelumas [4].

Minyak pelumas mempunyai rentang titik didih yaitu dari 350-500°C. Oli berasal dari minyak mentah yang mengandung senyawa parfin, naftalena, dan aromatik [5]. Oli baru telah memiliki kandungan logam-logam diantaranya

logam Pb, namun kada Pb dalam oli beka meningkat karena lama pemakaian. Selain itu, juga karena oli melumasi berbagai komponen mesin yang saling bergesekan agar tidak mudah berkarat. Semakin lama fungsi pelumas akan mengalami perubahan yang disebabkan oleh suhu yang tinggi dan kotoran pada mesin yang terlepas sehingga oli bekas mengandung logam berat [6]. Polutan yang dihasilkan dari kendaraan tersebut akan mencemari lingkungan baik udara maupun perairan. Keberadaan logam timbal (Pb) yang tinggi dalam suatu perairan yang di akibatkan dari pencemaran limbah cair salah satunya yaitu oli bekas yang dapat merugikan manusia dan lingkungan sekitar. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah oli diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi [7].

Kurangnya penanganan pada kulit kakao dan oli bekas oleh masyarakat dapat mencemari lingkungan. Hal ini di sebabkan karena kandungan kulit kakao berupa theobromine yang merupakan zat alkaloid (bubuk yang tidak larut dalam air dan pahit) memiliki efek yang serupa dengan kafein dan kandungan oli bekas berupa logam berat seperti logam Pb. Untuk mengurangi resiko pencemaran oleh limbah kulit kakao dan oli bekas maka limbah kulit kakao dapat dijadikan sebagai adsorben karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi untuk meyerap logam-logam berat dalam oli bekas [8].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi suatu adsorben yaitu luas permukaan adsorben, ukuran partikel, waktu kontak, dan distribusi ukuran pori. Dalam proses adsorpsi, adsorben yang digunakan perlu memiliki syarat-syarat yang baik yaitu mempunyai daya serap yang besar, berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar, tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak boleh terjadi reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan, dapat diregenerasi kembali dengan mudah dan tidak beracun [9]

Dari uraian di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian yang menggunakan adsorben dari arang aktif kulit kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai media penyerap logam timbal (Pb) dalam oli bekas agar tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Tanur, oven, kaleng, ayakan 70 mesh, neraca analitik, magnetik stirrer, *hot plate*, SSA. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit kakao (*Theobromacacao L.*), Larutan HCl 4M, aquadest, oli bekas, HNO₃ pekat, HNO₃ 0,5 M, tissue dan aqua regia.

Pembuatan arang kulit kakao [2]

Kulit kakao sebanyak 2 kg dibersihkan dari pengotornya dan dipotong berbentuk dadu. Mencuci dan menjemur kulit kakao di bawah sinar matahari sampai kering. Kulit kakao secara manual hingga menjadi arang. Menghaluskan arang aktif yang diperoleh dari hasil karbonisasi kemudian dihaluskan arang menggunakan lumpang dan alu. Serbuk arang yang dihasilkan di haluskan menggunakan ayakan 70 mesh.

Prosedur Aktivasi Arang [7]

Sebanyak 70 g arang aktif diambil kemudian direndam dalam HCl 4M sebanyak 140 mL selama 24 jam. Arang dicuci dengan aquades hingga pH netral dan disaring. Residu yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Arang yang diperoleh didinginkan dalam desikator dan diperoleh arang yang telah teraktivasi.

Kadar air (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1 gram arang aktif kulit kakao ditempatkan dalam cawan porselin yang telah diketahui berat tetapnya. Cawan porselin yang berisi sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam. Lalu, sampel dimasukkan ke dalam desikator, kemudian ditimbang. Perhitungan kadar air menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

Kadar abu (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1 gram arang aktif kulit kakao ditimbang dan dimasukkan kedalam cawan yang telah ditentukan kadar airnya dan telah ditimbang beratnya. Cawan porselin yang berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 600 °C hingga terbantuk abu. Didinginkan dalam desikator lalu ditimbang sampai beratnya konstan. Penentuan kadar abu dilakukan dengan persamaan:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat arang aktif}} \times 100\%$$

Kadar logam Pb dalam sampel [10]

Sampel oli bekas dipindahkan ke dalam gelas kimia dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian, dipipet sebanyak 5 mL dan dimasukkan kedalam gelas kimia 100 mL. Ditambahkan 1 mL larutan HNO₃ pekat dan dipanaskan diatas hot plate pada suhu 100°C sampai volume tinggal separuhnya. Apabila larutan belum bening, maka ditambahkan lagi larutan pereduksi 1 mL. Kemudian dipanaskan kembali sampai larutan berwarna bening. Kemudian didinginkan pada suhu ruang. Dipindahkan larutan kedalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M, pengkondisian sampai tanda batas menggunakan aquades. Kemudian diukur kandungan logam timbal menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan panjang gelombang 283.3 nm.

Waktu Kontak Optimum [11]

Sebanyak 5 Erlenmeyer masing-masing 50 mL sampel ditambahkan karbon aktif 70 mesh dengan massa adsorben 1 gram. Diaduk menggunakan magneic stirrer selama 10,20,30,40 dan 50 menit. Larutan yang diperoleh disaring dan filtratnya diukur absorbansinya menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283.3 nm.

Berat Optimum [11]

Sebanyak 5 Erlenmeyer masing-masing 50 mL sampel ditambahkan arang aktif 70 mesh dengan massa adsorben 2,4,6,8 dan 10 gram. Kemudian dilakukan pengadukan sesuai waktu kontak optimum yang diperoleh. Dikocok menggunakan magnetic stirrer. Larutan yang diperoleh disaring dan filtratnya diukur absorbansinya menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283.3 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di peroleh hasil kadar air sebagai berikut.

Tabel 1. Data kadar air arang aktif kulit kakao

Sampel	Perlakuan	Kadar air (%)
Arang aktif	1	2,2774
kulit kakao	2	2,1278
Rata-rata		2,2026

Analisis kadar air pada sampel arang aktif kulit kakao menggunakan metode pengeringan dengan oven. Metode pengeringan dengan oven didasarkan atas prinsip

perhitungan selisih bobot bahan sampel sebelum dan sesudah pengeringan. Selisih bobot tersebut merupakan air yang menguap dan dihitung sebagai kadar air sampel. Prinsip dari metode pengeringan adalah bahwa air yang terkandung dalam suatu bahan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 105° C selama waktu tertentu [10]

Tabel 1 memberikan data bahwa kadar dalam arang yang dibuat mengandung air sebesar 2,2026%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air pada arang aktif kulit kakao sangat rendah. Rendahnya kadar air ini menunjukkan bahwa kandungan air bebas dan terikat yang terdapat pada arang aktif kulit kakao telah menguap selama proses karbonasi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kadar air arang aktif dalam bentuk serbuk yang diperbolehkan adalah maksimal 15%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa arang aktif kulit kakao bisa digunakan sebagai adsorben. Hal ini didukung oleh penelitian Rahman, A., *et al*, bahwa semakin rendah kadar air yang terkandung pada suatu arang aktif maka semakin baik digunakan dalam proses penyerapan karena memiliki pori-pori yang luas untuk menyerap ion-ion logam [9].

Kadar abu

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 2. Data kadar abu arang aktif kulit kakao

Sampel	Perlakuan	Kadar abu (%)
Arang aktif	1	25,30
kulit kakao	2	25,31
Rata-rata		25,30

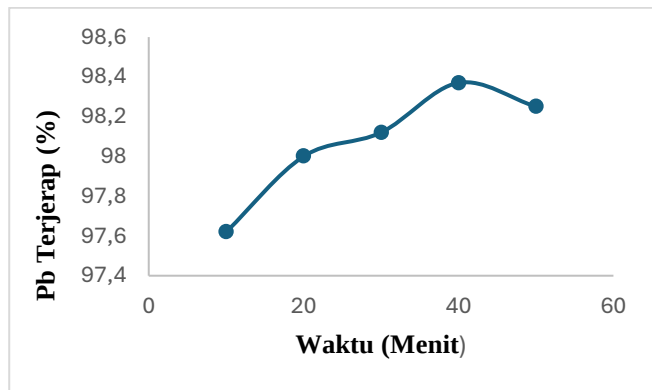
Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar abu pada suhu 600 °C pada cawan pertama adalah sebesar 25.3044% dan pada cawan kedua sebesar 25.3119%. Kadar abu total yang diperoleh dari kedua cawan tersebut sebesar 25.3081%. Hal ini karena pada saat pengabuan, arang aktif yang berada di cawan petri tidak sepenuhnya berubah menjadi abu, masih terdapat arang aktif dibawahnya. Penentuan kadar abu dapat mempengaruhi mutu arang aktif karena dapat menyebabkan terjadinya penyubatan pada pori-pori dan menyebabkan permukaan menjadi lebih kecil. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kadar abu arang aktif adalah sebesar 10% [13]

Kadar abu merupakan sisa mineral yang tertinggal ketika proses karbonasi, karena komponen senyawa

penyusun bahan dasar arang aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain diantaranya kalium, natrium, magnesium, kalsium. Tingginya kadar abu yang dihasilkan dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif, karena pori-pori yang terisi oleh mineral-mineral logam seperti magnesium, kalsium, kalium. Peningkatan kadar abu ini menunjukkan adanya proses oksidasi lebih lanjut terutama dalam partikel halus [14]

Waktu kontak

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan data optimasi waktu kontak pada Proses Adsorpsi Logam Pb oleh Arang Aktif kulit kakao dalam oli bekas adalah sebagai berikut



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan logam Pb dalam oli bekas

Waktu adsorpsi adalah salah satu parameter dalam proses terjadinya adsorpsi karena waktu merupakan faktor yang dapat merefleksikan kinetika suatu adsorben dalam berinteraksi dengan adsorbat [12]. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi logam timbal dalam oli bekas bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak yang dibutuhkan agar penyerapan logam oleh adsorben dapat terjadi secara maksimal

Gambar 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung dengan sangat cepat. Hal ini karena ketersediaan permukaan aktif pada permukaan adsorben yang masih banyak. Penyerapan yang cepat biasanya dikarenakan oleh proses difusi yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada menit ke-40 serapan Pb relatif meningkat karena interaksi antara ion logam dan adsorben terjadi secara efektif. Hal ini disebabkan karena semua sisi aktif yang terdapat pada adsorben saling berikatan dengan ion-ion Pb dalam oli bekas. Selanjutnya proses adsorpsi berlangsung

dengan konstan sampai permukaan adsorben jenuh dan tidak dapat menyerap lagi [15].

Pengujian waktu kontak ini dilakukan pada pada berbagai variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50 menit dengan berat adsorben kulit kakao sebesar 1 gram. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan panjang gelombang 283,3 nm.

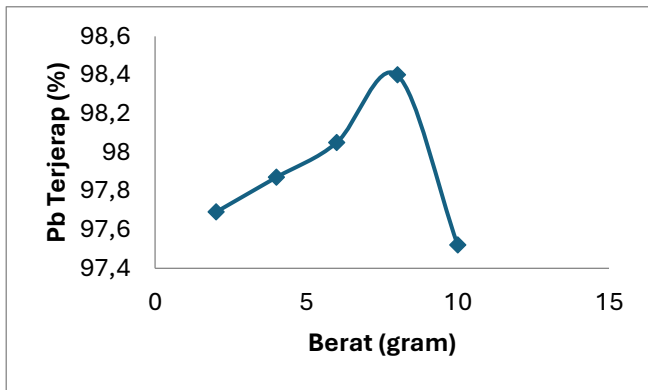
Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 1 yang menunjukkan bahwa waktu kontak optimum terjadi pada menit ke-40 dengan persentase daya serap adsorben terhadap logam Pb dalam oli bekas sebesar 98.37%. Pada kondisi tersebut telah mencapai batas penyerapan maksimum. Hal ini karena pori-pori pada adsorben telah terisi penuh sehingga adsorben tidak dapat menyerap logam lagi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Huda dan Yulitaningtyas [16] bahwa Adsorben dapat mengikat sebagian besar ion-ion logam yang ada pada larutan. Setelah mencapai waktu optimum proses adsorpsi mengalami penurunan daya serap, hal ini terjadi karena adanya desorpsi atau pelepasan kembali ion yang berikatan dengan adsorben yang mengalami kejenuhan dimana pori dalam adsorben telah terisi penuh.

Proses adsorpsi berdasarkan variasi waktu terjadi dalam dua tahap yaitu tahap awal yang berlangsung secara cepat yang menyebabkan daya serap meningkat secara terus menerus, hal ini dilihat dari semakin besarnya kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam Pb yang terdapat dalam oli bekas. Tahap kedua yaitu proses adsorpsi melambat dan menyebabkan daya serap menurun, dimana semakin menurunnya kemampuan adsorben dalam menyerap logam Pb dalam oli bekas [17].

Pada adsorpsi fisik gaya Van der Waals adsorben mengikat adsorbat, akibat adanya gaya yang bekerja antara adsorben dan adsorbat menyebabkan terjadinya proses adsorpsi. Apabila Adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben lemah dapat bergerak dari suatu permukaan ke permukaan lain [18].

Berat optimum

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan data optimasi waktu kontak pada Proses Adsorpsi Ion Logam Pb oleh Arang Aktif kulit kakao dalam oli bekas adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Pengaruh berat optimum terhadap penyerapan logam Pb dalam oli bekas

Penentuan berat adsorben pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan adsorben arang aktif kulit kakao sebanyak 2, 4, 6, 8, dan 10 gram. Tujuan dari penentuan berat optimum adsorben adalah untuk mengetahui jumlah maksimum adsorben yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi sehingga jumlah penggunaan adsorben lebih efisien [17].

Pengujian variasi berat dilakukan dalam waktu 40 menit untuk masing-masing erlenmeyer. Pengujian berat ini dikondisikan pada massa sebesar 2, 4, 6, 8, dan 10 gram. Volume oli bekas sebesar 50 mL oli bekas. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan panjang gelombang 283.3 nm.

Gambar 2 menunjukkan bahwa massa adsorben yang digunakan berpengaruh terhadap jumlah ion Pb yang terserap. Dilihat pada grafik tersebut berat 8 gram terjadi kenaikan presentase sebesar 98,40%. hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah adsorben yang berinteraksi dengan logam timbal serta pengaruh pada kerapatan sel yang terdapat dalam adsorben sehingga menghasilkan interaksi yang sangat efektif, sehingga semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka jumlah pori yang digunakan untuk menyerap ion logam juga semakin bertambah [19]. Hal ini berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratama, [15] dimana semakin besar massa adsorben yang digunakan maka persentase efektivitas adsorpsi logam juga semakin tinggi.

Penjerapan arang aktif kulit kakao pada berat 10 gram mengalami penurunan dari berat 8 gram. Hal ini karena efisiensi penjerapan menjadi berkurang dikarenakan telah mencapai berat optimum. Pada saat 8 gram permukaan adsorben telah mencapai keadaan jenuh atau pori-pori pada

adsorben telah terisi penuh. Sehingga peningkatan jumlah adsorben yang digunakan tidak lagi mempengaruhi peningkatan penjerapan logam Pb dalam oli bekas [19].

Hal ini sesuai dengan pernyataan Setiawan, I, K, A., *et al*, bahwa peningkatan adsorpsi akan bertambah seiring bertambahnya jumlah adsorben sehingga menyebabkan peningkatan secara efisien dan penurunan penjerapan [17]. Pada adsorben terdapat muatan-muatan yang akan berlawanan dengan ion logam. Partikel yang terdapat pada permukaan adsorben mempunyai sisi aktif yang bermuatan positif dan berinteraksi dengan muatan ion logam yang bermuatan negatif. Penurunan adsorpsi pada berat yang tinggi menunjukkan adanya perkumpulan muatan-muatan adsorpsi sehingga menyebabkan penurunan area penyerapan.

Pengujian daya serap oleh adsorben arang aktif kulit kakao terhadap logam Pb dalam oli bekas pada variasi berat mengalami peningkatan dan penurunan daya serap. Peristiwa ini disebut dengan fluktuasi yaitu terjadinya penurunan dan kenaikan penjerapan. Faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah kadar abu dari arang aktif ini cukup tinggi dan mengakibatkan tersumbatnya pori-pori pada arang aktif sehingga menyebabkan luas permukaannya menjadi lebih kecil [13].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa kadar air dan kadar abu arang aktif kulit kakao sebesar 2.2026% dan 25.3081%. Adsorpsi optimum logam timbal dalam oli bekas oleh adsorben kulit kakao (*Theobroma cacao L.*) berdasarkan variasi waktu kontak terjadi pada menit ke-40 dengan presentase penyerapan sebesar 98,37% dan variasi berat adsorben terjadi pada 8 gram dengan presentase sebesar 98,40%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada kepala Laboratorium Kimia FKIP dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Tadulako yang telah memfasilitasi penelitian ini.

REFERENSI

- [1]. Supriyanto, A., Alimuddin., & Bohari, Y, "Analisis Logam Fe, Cu, Pb, dan Zn dalam Minyak Pelumas Baru

- dan Bekas Menggunakan X-Ray Fluorescence”, *Jurnal Atomik*, 3(1), 2016, pp 13-17
- [2]. Wijaya, M., “Pemanfaatan Limbah Kakao sebagai Bahan Baku Produk Pangan”, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar, ISBN:979363174-0, 2014
- [3]. Hayati, U. P., & Sawir, H., “Pemanfaatan Limbah Kulit Kakao Sebagai Adsorben untuk Penyerap Ion Logam Kromium (VI) Pada Limbah Elektroplating di Bukit Tinggi”, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(1), 2017, pp 35-42
- [4]. Legowo, A. M, *Buku Ajar Analisis Pangan*, Semarang: Fakultas Diponegoro Universitas Diponegoro, 2007
- [5]. Nurafriyanti, Nopi, S.P., & Isna, S., “Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben dalam Pengurangan Konsentrasi Cr total pada Limbah Aritifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun The”, *Jukung Jurnal Akademika Kimia*, 3(1), 2017, pp 56-65
- [6]. Tolumeko, C. L., Sesa, E., & Darwis., D., “Penentuan Waktu Kontak Optimum dan Massa Optimum Arang Aktif Kulit Kakao sebagai Adsorben Ion Logam Timbal (Pb)”, *Jurnal Gravitasi*, 16(1), 2017, pp 27-32
- [7]. Nugrahani, R. A., “Perancangan Proses Pembuatan Pelumas Dasar Sintesis Dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*) Melalui Modifikasi Kimiawi”, Disertasi Program Doktor. IPB, 2007
- [8]. Asidu, L. A. D., Hasbi, M., & Aksar, P., “Pemanfaatan minyak oli bekas sebagai bahan bakar alternatif dengan pencampuran minyak pirolisis”, *Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(2), 2017, pp 1-7.
- [9]. Rahman, A., Aziz, R., Indrawati, A., & Usman, M., “Pemanfaatan Beberapa Jenis Arang Aktif Sebagai Bahan Adsorben Logam Berat Cadmium (Cd) pada Tanah Sedimen Drainase Kota Medan Sebagai Media Tanam”, *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5(1), 2020, pp 42-54
- [10]. Amin, M., “Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Minuman Ringan Berkarbonisasi Menggunakan Dekstruksi Basah Secara Spektrofotometri Serapan atom”, [Skripsi], Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2015
- [11]. Ningsih, D.A., Said, I., & Ningsih P., “Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung”, *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 2016, pp 76-89
- [12]. Safrianti, I, Wahyuni, N & Zaharah, T. A., “Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak”, *JKK*, 1(1), 2012, pp 1-7.
- [13]. Intan, D., Said, I., & Abraham, P. H., “Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal”, *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 2016, pp 166-171
- [14]. Adinata, “Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif”, [Skripsi], Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 2013
- [15]. Pratama, D. A., “Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe Dan Cu Pada Air Sungai Mahakam”, *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 2017, pp 134-140
- [16]. Huda, T., & Yulitaningtyas, T.K., “Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang”, *Ind. J. Chem. Anal*, 1(1), 2018, pp 9- 19.
- [17]. Setiawan, I. K. A., Napitupulu, M., & Walanda., D. K., “Biocharcoal Dari Kulit Rambutan (*Nephelium Lappaceum L.*) Sebagai Adsorben Zink Dan Tembaga”, *Jurnal Akademika Kimia*, 7(4), 2018, pp 193-199
- [18]. Istighfaro, N., “Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Bentonit Karbon Aktif Biji Kelor (*Moringa Oleifera L.*)”, [Skripsi], Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2010
- [19]. Pongenda, R. C., Napitupulu, M., & Walanda, D. K., “Biocharcoal Dari Biji Salak (*Salacca edulis*) Sebagai Adsorben Terhadap Kromium”, *J. Akademika Kim.*, 4(2), 2015, pp 84-90.