

KARAKTERISASI BIOSORBEN MAGNETIK AMPAS KOPI UNTUK PENYISIHAN ION TIMBAL (Pb)

Tsaqif Aufa Irza¹, Muammar Khadafi², Suhendrayatna^{3,*}, Syaubari⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*email:suhendrayatna@usk.ac.id

Abstract

Industrial waste often contains heavy metals which are dangerous for human health and the environment, so effective and environmentally friendly waste processing is very necessary. This research aims to optimize the use of synthetic magnetic bioadsorbent from coffee grounds to remove the heavy metal lead (Pb) from industrial waste. Magnetic bioadsorbent was synthesized from coffee grounds by carbonizing the coffee grounds at a temperature of 600°C for 3 hours and activated using 100 mL of 1 M HCl. The adsorption time and adsorbate concentration were tested at values of 30, 60, and 90, as well as 0.661, 1.494, 2.29, and 3 (mg/L) adsorbate, and adsorption temperatures of 30 °C, 40 °C, and 50 °C. Meanwhile, carbonization temperature, coffee grounds weight, and activator concentration were used as fixed variables. In this research, the independent variables are adsorption time, adsorbate concentration, and adsorption temperature. while the fixed variables are carbonization temperature, coffee grounds weight, and activator concentration. The results of this research show that it was successful in linking the magnetite compound to the adsorbent and it can be seen from the results of FTIR analysis that there are FeO groups at a wave of 560 cm⁻¹ and in the XRD characterization test, Fe groups are found at a wave of 35°, and based on the characterization using SEM there is a change in area surface before and after synthesis due to the presence of magnetite particles that stick to the surface, causing the pores to become smaller.

Keywords: Adsorption, coffee grounds, magnetic biosorbent, plumbum metal

PENDAHULUAN

Air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung pada jenis industri itu sendiri, sering kali limbah yang dihasilkan pada proses suatu industri itu mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) salah satunya adalah logam berat yang sangat berbahaya dan beracun bagi lingkungan maupun kesehatan. Timbal adalah logam berat yang menjadi salah satu sumber pencemaran yang dapat menurunkan kualitas lingkungan bahkan merusak lingkungan tersebut. Keberadaan logam berat timbal (Pb) sangat tidak diharapkan didalam tubuh makhluk hidup walaupun

kandungannya sangat kecil, hal ini dikarenakan timbal (Pb) bersifat toksik [1].

Berbagai teknik pemisahan telah ditemukan untuk memisahkan logam berat dari air antara lain dengan metode pengendapan, filtrasi, penukaran ion, dan adsorpsi. Penyerap yang paling banyak dipergunakan pada adsorpsi adalah karbon aktif yang memiliki peran penting sebagai bahan yang efisien dalam proses adsorpsi. Namun, biasanya penggunaan karbon aktif nya masih menggunakan karbon aktif sintesis yang tergolong mahal. Oleh karena itu, para peneliti saat ini mulai mencari adsorben alternatif yang dibuat dari sumber lokal dan alam. Sumber alami seperti yang bersumber dari bahan nabati maupun hewani

dapat dimanfaatkan sebagai sumber untuk membuat adsorben yang dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan berupa logam berat [2].

Adsorpsi merupakan metode yang efektif dan juga ekonomis untuk menghilangkan polutan dan kontaminan dari suatu bahan. Adsorpsi cocok digunakan terutama jika kontaminan merupakan zat yang tidak dapat terurai seperti logam-logam berat. Adsorpsi juga menguntungkan secara ekonomi dibandingkan dengan metode lainnya karena pada adsorpsi, adsorben yang digunakan dapat diperoleh dari bahan alam dengan tingkat penghilangan kontaminan persatuan massa adsorben yang maksimal [3].

Pemanfaatan biomassa sebagai adsorben menjadi alternatif yang efisien dikarenakan murah dan tersedia dalam jumlah yang banyak. Kopi merupakan salah satu komoditas ekspor utama negara berkembang dengan nilai ekspor mencapai 15 milyar dolar AS, tanaman kopi tumbuh hampir di 60 negara tropis, dan 65% komoditas utama kopi berasal dari Indonesia, Brazil, Colombia dan Vietnam dan kopi merupakan salah satu minuman yang hampir setiap hari dikonsumsi oleh masyarakat [4]. Namun di balik tingginya produksi dan konsumsi kopi maka akan menghasilkan limbah yang berupa ampas kopi.

Ampas kopi, atau yang juga dikenal sebagai sisa kopi atau sedimen kopi, merupakan partikel residu yang tersisa setelah proses penyeduhan biji kopi. Ampas kopi adalah limbah organik yang dihasilkan dari proses pembuatan kopi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari potensi ampas kopi sebagai adsorben dalam pengolahan air limbah dan pencemaran udara. Penelitian menunjukkan bahwa ampas kopi memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat seperti merkuri, timbal, dan kadmium dari air limbah. Selain itu, ampas kopi juga dapat menyerap senyawa organik seperti fenol dan minyak dalam air limbah [5].

Komposisi kimia ampas kopi mengandung kadar total karbon sebesar 47,8-58,9%, total nitrogen sebesar 1,9-2,3%, kadar abu sebesar 0,43-1,6%, dan selulosa 8,6%, yang mempunyai potensi dijadikan sebagai arang aktif. Kajian juga menunjukkan bahwa arang aktif menghasilkan daya serap Iod sebesar 797,46 mg/g, kadar abu 2,15%, kadar air 1,49%, dan kadar volatile matter 9,89% yang diperoleh pada variasi suhu 400 °C dan konsentrasi HCl 1 M [6].

Dalam pembuatan adsorben dari ampas kopi digunakan asam klorida sebagai aktivator, karena senyawa asam klorida memiliki kemampuan untuk melakukan klorinasi terhadap bahan-bahan hidrokarbon. Asam klorida (HCl) ini mengalami dekomposisi ketika bersentuhan dengan air, menghasilkan panas selama proses pelarutannya. Asam klorida dapat larut dalam air pada tekanan atmosfer dan suhu kamar, mencapai sekitar 42% dari berat. Sebagai aktivator, asam klorida (HCl) bersifat higroskopis, memungkinkan pengurangan kadar air dalam arang aktif yang dihasilkan. Daya serap ion dari HCl lebih unggul dibandingkan dengan aktivator lainnya, seperti asam sulfat (H₂SO₄) dan asam nitrat (HNO₃), karena HCl dapat mengatasi pengotor yang lebih besar. Hal ini menyebabkan pembentukan pori-pori yang lebih banyak dan penyerapan menjadi lebih optimal [7].

Penambahan sifat magnetik ke dalam bioadsorben merupakan salah satu metoda agar proses pemisahan bioadsorben dari lingkungannya dapat dilakukan dengan mudah dengan cara memberikan gaya magnet dari luar. Kajian bioadsorben magnetik telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebagai penyerap untuk berbagai aplikasi. Dalam kajian ini bioadsorben magnetik ampas kopi disintesis dan digunakan sebagai penyerap ion logam timbal dalam air. Metode pemisahan magnetik belakangan ini menjadi pilihan populer untuk menghilangkan, mengisolasi, atau mengkonsentrasikan komponen-

komponen yang diinginkan dari larutan sampel.

Penambahan partikel magnetik ke dalam adsorben menghasilkan material komposit baru dengan dua karakteristik utama yaitu kemampuan adsorpsi dan sifat magnetik. Salah satu senyawa yang memiliki sifat magnet yaitu nano partikel Fe_3O_4 . Nano partikel Fe_3O_4 dibuat dengan menggabungkan Fe^{2+} dengan Fe^{3+} . Sifat magnetik ini dimanfaatkan dalam proses pemisahan partikel komposit dalam air menggunakan batang magnet sederhana, sehingga adsorben dapat dengan mudah, cepat, dan efisien dipulihkan dari cairan limbah. Selain itu, pengembangan komposit bertujuan untuk meningkatkan atribut khusus material seperti kekuatan, struktur, serta stabilitas sifat kimia dan fisik, dengan tujuan menciptakan material baru yang memiliki kualitas lebih tinggi [7].

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada riset ini adalah ayakan 100 mesh, batang pengaduk, blender, corong kaca, gelas beaker 250 mL dan 500 mL, gelas ukur 100 mL (pyrex), hotplate (heidolph), Furnace EPTR-26R 25-1000 °C(Isuzu) , magnetic stirrer, oven, pipet tetes, pipet volume 10 mL (pyrex), spatula, termometer, bola hisap, dan neraca analitik.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 99% (pro analysis, Merck), $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 99% (pro analysis, Merck) dan NH_4OH 28% (proanalysis, Merck) sebagai bahan awal pembentukan oksida besi. Sedangkan karbon aktif yang digunakan adalah hasil dari karbonasi dan aktivasi ampas kopi yang teraktivasi dengan HCl 1M. Uji adsorpsi menggunakan limbah artificial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (pro analysis, Merck).

Prosedur Penelitian

Proses Karbonasi

Ampas kopi dibersihkan dan dikeringkan dengan sinar matahari. Sejumlah 500 gram ampas kopi ditimbang kemudian dimasukkan kedalam loyang, untuk di lakukan pengeringan pada temperatur 120 °C selama 3 jam. kemudian dilakukan karbonisasi menggunakan furnace selama 3 jam dengan suhu 600 °C. Arang yang diperoleh didinginkan kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh [8].



Gambar 1. Ampas kopi

Proses Aktivasi Kimia

Sejumlah 50 gram arang yang telah teraktivasi fisika dengan ukuran 100 mesh ditimbang dan diaktivasi kimia dengan penambahan 100 mL HCl 1M. Campuran kemudian di shaker selama 1 jam pada kecepatan pengadukan 140 rpm kemudian didiamkan selama 24 jam dan disaring. Kemudian partikel yang dihasilkan dicuci menggunakan aquadest sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 100 °C dalam oven selama 3 jam. Selanjutnya arang aktif ampas kopi yang diperoleh didinginkan dalam desikator.

Proses Sintesa Adsorben Magnetik

Metode ko-presipitasi digunakan dalam proses sintesis bioadsorben magnetik ampas kopi. Sintesis bioadsorben magnetik dilakukan dengan menggunakan prekursor

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan rasio molar 2:1 masing masing 50 mL Proses sintesa pembentukan magnetit Fe_3O_4 di lakukan pada temperature 90 °C dan larutan prekursor di masukan ke dalam gelas beker, kemudian diaduk dan dipanaskan sampai temperatur 90 °C. Setelah temperatur tercapai, arang aktif ampas kopi dimasukkan ke dalam larutan prekursor tersebut dan diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer kemudian ditambahkan secara perlahan-lahan natrium hidroksida sehingga endapan hitam terbentuk. Setelah partikel bioadsorben magnetik diperoleh, endapan dicuci menggunakan aquadest sampai pH netral dan dikeringkan menggunakan oven pada temperature 100 °C selama 3 jam [9].

Karakterisasi Arang Aktif dan Adsorben Magnetik

Arang aktif dan adsorben magnetik arang aktif yang telah diaktivasi dilakukan karakterisasi gugus fungsi adsorben diidentifikasi menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* (SHIMADZU P-21). Tujuannya adalah untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam bahan tersebut. Gugus fungsi ini menandakan sebagai gugus aktif yang mampu menyerap timbal. Uji ini dilakukan pada ampas kopi, setelah aktivasi fisika dan kimia, setelah sintesis menjadi adsorben magnetik dan setelah adsorpsi.

Pengukuran spektrum inframerah menggunakan metode pellet kalium bromida (KBr). Adsorben magnetik ampas kopi dicampur dengan KBr sesuai proporsi yang ditentukan, kemudian ditekan menggunakan mesin penekan hidrolik untuk membentuk lapisan tipis. Spektrum FTIR direkam dalam rentang 400-4000 cm^{-1} [10].

Setelah dilakukan uji gugus fungsi menggunakan FTIR, kemudian dilakukan uji morfologi adsorben magnetik ampas kopi menggunakan *Scanning Electron Microscope*), Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk

mengetahui struktur permukaan, ukuran pori dan ukuran partikel masing-masing adsorben [11]. Alat yang digunakan adalah *Scanning Electron Microscopy (SEM)* (JEOL), Analisa SEM dilakukan di Laboratorium Pengujian Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan X Ray Differensial (XRD) Analisis ini menggunakan perangkat (D-6000, SHIMADZU) yang bertujuan untuk menentukan bentuk molekuler dan struktur kristal dari adsorben. Bentuk kristal dari materi tersebut akan mempengaruhi proses adsorpsi. Sejumlah 2 gram bubuk biosorben magnetik ampas kopi ditempatkan ke dalam kuvet alumunium, lalu permukaan bubuk biosorben magnetik ampas kopi dipadatkan dan diluraskan menggunakan selebar kaca. Kaca tersebut ditekan sambil digerakkan di atas permukaan kuvet yang berisi bubuk biosorben magnetik ampas kopi sehingga menjadi padat dan permukaannya rata serta sejajar dengan permukaan kuvet. Selanjutnya, bahan tersebut terkena radiasi sinar-X [12].

Pembuatan Larutan Sampel Limbah Artificial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Larutan sampel yang digunakan pada pengujian limbah artifisial yaitu larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Konsentrasi awal ion logam Pb(II) dalam larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ adalah 2, 4, 6, dan 8 mg/L. Untuk membuat limbah artifisial ion logam Pb(II) 8 mg/L sebanyak 1 L, diambil $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ standar 1000 mg/L sebanyak 16 mL dan dilarutkan dalam labu ukur 1000 mL, sedangkan untuk konsentrasi lainnya dilakukan pengenceran.

Prosedur Uji Adsorpsi

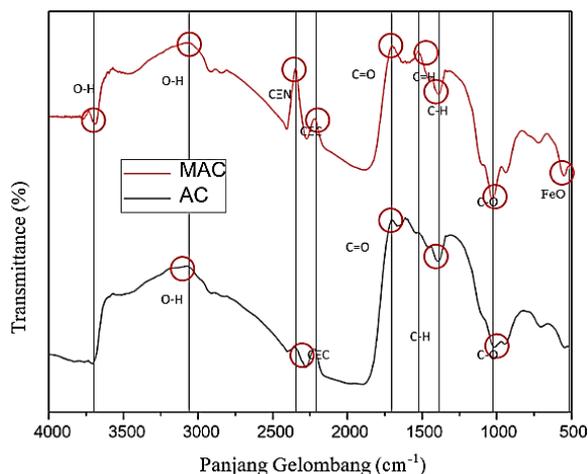
Langkah awal dilakukan dengan memasukkan limbah artifisial ion logam Pb(II) dengan konsentrasi 8 mg/L sebanyak 100 mL ke dalam beaker glass. Setelah itu, bioadsorben magnetik dimasukan ke dalam gelas beker sebanyak 1 gram dan di lakukan

pengadukan menggunakan magnetik stirrer dan di lakukan pengujian pada setiap variasi waktu yaitu, 30, 60 dan 90 menit dan dilakukan pengamatan terhadap kapasitas adsorpsi dari logam berat Pb oleh adsorben magnetik, dan dilakukan pendiaman di atas magnet untuk mempercepat endapan adsorbennya dan dilakukan penyaringan filtrat menggunakan kertas saring, dan filtratnya dilakukan pengujian menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Karakterisasi FTIR

Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR) dilakukan menggunakan instrumen Shimadzu Prestige 21 untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia pada adsorben. Pengukuran spektrum FTIR dilakukan pada rentang 400-4000 cm^{-1} . Spectrum IR dari adsorben ampas kopi magnetik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spectrum IR dari sampel activated carbon dan magnetic activated carbon

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa adanya perbedaan pada beberapa daerah antara *activated carbon* (AC) dan *magnetic activated carbon* (MAC) pada spektrum FTIR arang aktif, terdapat puncak- puncak yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi tertentu. Misalnya, puncak pada

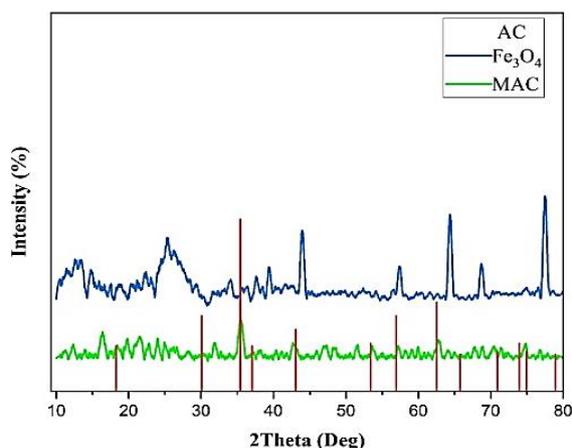
daerah 3200-3400 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus -OH, yang merupakan tanda dari keberadaan senyawa hidroksil. Selain itu, puncak pada daerah 1600 cm^{-1} dapat mengindikasikan adanya ikatan rangkap C=C dalam struktur arang aktif.

Sementara itu, pada spektrum FTIR arang aktif magnetik, terlihat pergeseran atau perubahan intensitas pada beberapa puncak jika dibandingkan dengan arang aktif biasa. Puncak pada daerah tertentu mungkin mengalami pergeseran sebagai hasil dari modifikasi magnetik. Kemungkinan adanya puncak baru atau perubahan pada puncak-puncak yang ada dapat mengindikasikan pengenalan sifat magnetik pada arang aktif. Analisis FTIR memberikan gambaran mengenai struktur molekuler dan gugus fungsi yang terdapat dalam arang aktif dan arang aktif magnetik, serta membantu memahami perubahan yang terjadi akibat proses modifikasi magnetik pada arang aktif.

Selain itu, terlihat adanya O-H stretching yang dibuktikan dengan adanya puncak serapan yang khas pada bilangan gelombang 3624 cm^{-1} pada kurva arang aktif terlihat serapan pada 1604,77 cm^{-1} , mengindikasikan adanya serapan dari gugus C=O. Dan juga terdapat gugus C≡N yang sangat tajam pada gelombang 2350 cm^{-1} . Serapan ini mengungkapkan bahwa ampas kopi telah menghasilkan zat karbon karena gugus C=O merupakan ciri khas dari arang aktif. Sementara pada komposit Fe₃O₄ arang aktif ampas kopi, tampak serapan pada bilangan gelombang 1604,77 cm^{-1} yang mengindikasikan serapan dari gugus C=O, menunjukkan bahwa masih terdapat gugus khas dari arang aktif, walaupun hanya sedikit. komposit Fe₃O₄- arang aktif menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 560 cm^{-1} yang berasal dari vibrasi stretching pita serapan logam-oksigen (ikatan Fe-O dalam kisi kristalin Fe₃O₄). Data hasil karakterisasi ini mengindikasikan bahwa material Fe₃O₄ telah tercangkok dalam permukaan arang aktif.

Uji karakteristik Adsorben Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Hasil uji XRD memperlihatkan karakteristik penting dari struktur material yang dikaji. Dengan menggunakan teknik ini, dapat teridentifikasi komposisi dan sifat kristalin dari sampel yang dianalisis. Hasil analisa terhadap *activated carbon* (AC) dan *magnetic activated carbon* (MAC) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisa XRD karbon aktif dan biosorben magnetik dari ampas kopi

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan XRD dapat dilihat bahwa pada *activated carbon* memiliki beberapa gelombang yang menunjukkan bahwa di dalam zat tersebut telah terdapat kristal. Kurva difraksi sinar-X pada karbon aktif akan menunjukkan serangkaian puncak yang menggambarkan difraksi dari bidang kristal dalam struktur material. Namun dapat dilihat pada gambar di atas terdapat Puncak-puncak difraksi yang lebar dan kurang terdefinisi dapat diartikan sebagai tanda dari karakteristik amorf karbon aktif, menunjukkan kurangnya struktur kristal yang teratur.

Pada *magnetic activated carbon* dapat dilihat bahwa hasil sintesis bersifat amorf, menampilkan puncak-puncak difraksi, dengan kemungkinan adanya pergeseran atau peningkatan intensitas pada beberapa puncak. Perubahan atau penambahan puncak difraksi dapat mengindikasikan integrasi partikel

magnetik seperti magnetit (Fe_3O_4), ke dalam matriks karbon aktif. Analisis posisi sudut difraksi akan memastikan identifikasi fasa magnetik yang terlibat di dalamnya, dalam gambar di atas dapat dilihat bahwa magnetit yang terbentuk dalam karbon aktif tampak pada gelombang 18, 35, 37, 56.9, 62.5 yang ditandai dengan *peak* yang menjulang ke atas, dan juga pada *magnetic activated carbon* juga zat zat mengkristal secara tidak beraturan yang disebut dengan amorf [13].

Hasil Uji Karakterisasi Struktur Morfologi Adsorben Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)

Karakterisasi morfologi adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ini dilakukan untuk melihat bagaimana struktur morfologi dan ukuran dari pori-pori pada permukaan adsorben. Hasil analisa SEM untuk adsorben limbah ampas kopi baik itu adsorben ampas kopi setelah aktivasi dan setelah proses sintesis Fe_3O_4 dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa bentuk morfologi dari kedua adsorben mempunyai tekstur yang kasar dan berongga. Adsorben limbah ampas kopi sebelum sintesis prekursor kimia mempunyai ukuran pori terbesar yaitu $13,239 \mu m$ dan. Untuk adsorben limbah ampas kopi setelah sintesis kimia mempunyai ukuran pori terbesar yaitu $11,090 \mu m$ dan ukuran dari perbandingan ukuran pori yang dimiliki oleh kedua adsorben ini menunjukkan bahwa adsorben ampas kopi setelah aktivasi secara kimia memiliki ukuran pori terbesar yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben ampas kopi setelah aktivasi kimia karena ada senyawa senyawa Fe_3O_4 yang menempel di rongga pori pori sebagai pemberi ikatan magnetik [14].

- Indonesia. Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Vol. 36, No. 2, pp. 77-90.
- [5] Baryatik, P. *et al.*, 2019. *Pemanfaatan arang aktif ampas kopi sebagai adsorben kadmium pada air sumur*. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, Vol. 2, No. 1, pp. 11-19.
- [6] Oko, S. *et al.*, 2021. *Pengaruh suhu dan konsentrasi aktivator hcl terhadap karakteristik karbon aktif dari ampas kopi*. METANA, Vol. 17, No. 1, pp. 15-21.
- [7] Wirawan, T., Hindryawati, N., and Widodo, N. T., 2022. *Synthesis of magnetic coffee grounds from cafe as a dye adsorbent*. in *AIP Conference Proceedings*, Vol. 2668, No. 1: AIP Publishing.
- [8] Andamari, D., 2022. *Efektifitas adsorben arang aktif dari ampas kopi untuk mengurangi kandungan kadmium (Cd) Dalam Media Air*.
- [9] Reknosari, E., Wirawan, T., and Koesnarpadi, S., 2021. *Adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit Fe₃O₄-arang aktif ampas kopi*. Jurnal Atomik, Vol. 6, No. 2, pp. 81-89.
- [10] Dey, S. C. *et al.*, 2016. *Preparation, characterization and performance evaluation of chitosan as an adsorbent for remazol red*. Int. J. Latest Res. Eng. Technol, Vol. 2, No. 2, pp. 52-62.
- [11] Haura, U., Razi, F., and Meilina, H., 2017. *Karakterisasi adsorben dari kulit manggis dan kinerjanya pada adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI)- (adsorbent characterization from mangosteen peel and its adsorption performance on Pb (II) and Cr (VI))*. Biopropal Industri, Vol. 8, No. 1, pp. 47-54.
- [12] Aquino, S. F., Lacerda, C. A., and Ribeiro, D. R., 2010. *Use of ferrites encapsulated with titanium dioxide for photodegradation of azo dyes and color removal of textile effluents*. Environmental Engineering Science, Vol. 27, No. 12, pp. 1049-1059.
- [13] Simatupang, L., 2016. *The preparation and characterization of sinabung volcanic ash silica based adsorbent*. Jurnal Pendidikan Kimia, Vol. 8, No. 03, pp. 159-163.
- [14] Sahara, E., Dahliani, N. K., and Manuaba, I. B. P., 2017. *Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari batang tanaman gumitir (Tagetes Erecta) dengan aktivator NaOH*. Jurnal Kimia, Vol. 11, No. 2, pp. 174-180.