

BIOSORBEN ARANG BUAH JABON PUTIH (*Anthocephalus cadamba* Miq.) UNTUK MENJERAP ION LOGAM MERKURI (II) DALAM AIR**T. Abu Hanifah^{1*}, Sofia Anita², Itnawita², Ganis Fia Kartika² dan Romauli²**¹ Mahasiswa Program S3 Ilmu Lingkungan UNRI² Kimia FMIPA UNRIEmail: abu-hanifah@lecturer.unri.ac.id**Abstract**

The aim of this study was to analyze the adsorption ability and optimum stirring speed of non-activated white jabon fruit carbon and activated carbon on the absorption of mercury (II) ions. White jabon carbon is made through a carbonization process at a temperature of 300°C for 30 minutes, then activated with NaOH and characterization of activated carbon is also carried out according to SNI 06-3730-1995. The optimization of stirring speed was carried out by varying the stirring speed of 60, 80, 100 and 120 rpm. The results of the characterization of activated carbon of white jabon fruit in this study showed a moisture content of 1.98%, ash content of 3.11%, iodine adsorption capacity of 1160.5285 mg/g and methylene blue adsorption capacity of 25.1024 mg/g. The results of the adsorption test on activated carbon of white jabon fruit showed that the optimum stirring speed condition was 80 rpm with an adsorption efficiency of 99.78% and an adsorption capacity of 0.9641 mg/g. Based on the results of the SEM test, it was found that the activated carbon had more pores than unactivated.

Keywords: mercury (II), stirring speed, white jabon

PENDAHULUAN

Jabon putih (*Anthocephalus cadamba* Miq.) merupakan jenis pohon tropis yang berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara. Hutan tanaman jabon dalam skala besar dapat dijumpai di Provinsi Sumatera Utara, Riau dan Kalimantan Tengah (Krisnawati *et al.*, 2011). Kayu dari tanaman jabon biasanya dimanfaatkan untuk industri kayu lapis (*plywood*), bahan baku *furniture* dan sebagai bahan bangunan *non* konstruksi. Selain itu tanaman jabon juga memiliki banyak manfaat lain, yaitu sebagai bahan dalam pembuatan obat-obatan dan parfum (Saputra *et al.*, 2019).

Pemanfaatan buah jabon sebagai adsorben didasarkan pada kandungan kimia yang terdapat di dalam tanaman jabon. Menurut Mulyana *et al.*, (2011) pohon jabon memiliki kandungan kimia berupa selulosa 52,4%, lignin 25,4% dan silika 0,1%. Kandungan selulosa yang tinggi ini diharapkan terdapat pula di dalam buah dari tanaman jabon. Selain itu, penelitian Sutrisno *et al.*, (2015) juga menyebutkan bahwa pohon jabon mengandung 60-70% glukosa, dimana glukosa merupakan monomer penyusun selulosa. Sehingga berdasarkan kandungan tersebut, buah jabon dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan adsorben dalam bentuk arang aktif. Arang aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam poses adsorpsi logam berat. Menurut pernyataan Sirajuddin *et al.*, (2017), kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, dimana semakin tinggi kecepatan pengadukan maka bidang kontak antara adsorben dan adsorbatnya akan semakin luas, sehingga proses adsorpsi akan berlangsung secara optimal. Pada pernyataan Hardianti *et al.*, (2019), juga menyebutkan jika proses pengadukan berlangsung terlalu lambat maka proses adsorpsi akan terjadi dengan lambat juga, akan tetapi bila pengadukan berlangsung terlalu cepat maka akan mengakibatkan proses adsorpsi kurang optimal.

Berdasarkan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap proses adsorpsi, maka pada penelitian ini dilakukan variasi kecepatan pengadukan saat dilakukannya pengontakan antara arang dan larutan ion merkuri (II). Adapun variasi kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 60, 80, 100 dan 120 rpm. Melalui beberapa variasi kecepatan pengadukan tersebut, akan didapatkan pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap kemampuan arang jabon putih dalam mengadsorpsi ion merkuri (II) apabila kecepatan pengadukan diperlambat maupun dipercepat dari kondisi kecepatan pengadukan yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Melalui penelitian ini juga akan dapat menentukan kecepatan pengadukan optimum dalam proses adsorpsi yang dibutuhkan arang buah jabon dalam menyerap ion merkuri (II).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* (Vulcan A-130 Furnce), pH meter, neraca analitik (Kern ABJ-NM/ABS-N), ayakan 100 dan 200 mesh, *hotplate* (Thermo Scientific Cimatec), *sentrifuse* (Fisher Scientific Centrifig Model 228), desikator, *magnetic stirrer*, oven (Mettler), *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES) (ICPE-9000, Shimadzu), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Hitachi Flexsem 1000) dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jabon putih, akuades, *Aqua Demineralized* (akua DM), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), kalium iodat (KIO₃), asam sulfat (H₂SO₄) 10%, natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), kalium iodida (KI) 10%, iodium (I₂), larutan amilum ((C₆H₁₀O₅)_n) 1%, larutan metilen biru (C₁₆H₁₈ClN₃S), larutan merkuri klorida (HgCl₂) dan kertas saring Whatman No 42.

Pembuatan arang buah jabon putih

Buah jabon putih dikarbonisasi selama 30 menit pada suhu 300°C. Kemudian arang dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan hingga dingin. Arang yang telah dingin, digerus menggunakan alu dan lumpang. Arang yang sudah halus diayak menggunakan ayakan dengan ukuran lolos di 100 mesh dan tertahan di 200 mesh. Kemudian arang buah jabon hasil pengayakan dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan di dalam desikator.

Aktivasi arang buah jabon putih

Arang buah jabon putih ditimbang sebanyak 7 gram. Kemudian arang buah jabon putih direndam di dalam larutan NaOH yang telah dilarutkan dengan akua DM dengan rasio perbandingan antara berat arang dan aktivator NaOH yaitu 1:3 (b/b). Campuran arang dan aktivator NaOH diaduk hingga homogen dan didiamkan selama 24 jam. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No 42 dan dicuci menggunakan akua DM. Proses pencucian dilakukan berulang kali hingga pH filtratnya mencapai pH netral atau berkisar antara 7,2-7,5. Arang aktif buah jabon putih kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam dan selanjutnya didinginkan dalam desikator.

Adsorpsi ion merkuri (II)

Larutan merkuri klorida (HgCl_2) 1000 ppm diencerkan untuk mendapatkan konsentrasi larutan simulasi merkuri 30 ppm. Sampel arang buah jabon putih *non* aktivasi dan arang teraktivasi NaOH terlebih dahulu dipanaskan dalam oven dan didinginkan dalam desikator. Kemudian sampel arang buah jabon putih *non* aktivasi dan arang aktif yang sudah dingin ditimbang sebanyak 0,75 gram dikontakkan dengan 25 mL larutan simulasi merkuri 30 ppm dengan pH 6. Campuran diaduk dengan variasi kecepatan pengadukan 60, 80, 100 dan 120 rpm selama 40 menit dan kemudian didiamkan selama 24 jam. Filtrat hasil adsorpsi arang aktif dianalisis menggunakan ICP-OES. Efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi dihitung dengan persamaan :

$$E = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\%$$

dan

$$Q = \frac{(C_0 - C_e)}{W_a} \times V$$

Keterangan :

E : Efisiensi adsorpsi (%)

Q : Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 : Konsentrasi sebelum adsorpsi
(mg L^{-1})

C_e : Konsentrasi setelah adsorpsi
(mg L^{-1})

V : Volume larutan simulasi (L)

W_a : Berat sampel (g)

Analisis morfologi permukaan arang buah jabon putih

Analisis morfologi permukaan arang buah jabon putih dilakukan dengan menggunakan instrumen SEM. Adapun sampel yang dianalisis adalah arang buah jabon putih *non* aktivasi, arang aktif, dan arang aktif setelah penjerapan ion logam merkuri (II) dengan kecepatan pengadukan optimum. Analisis SEM dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Karakterisasi arang buah jabon putih**

Karakterisasi terhadap arang buah jabon putih sebelum dan sesudah diaktivasi dengan aktivator NaOH mengacu pada SNI 06-3730-1995. Karakterisasi bertujuan untuk melihat kualitas arang buah jabon putih yang dihasilkan sebelum dan sesudah aktivasi. Hasil karakterisasi berupa penentuan kadar air, kadar abu, daya jerap terhadap iodium dan daya jerap terhadap metilen biru serta luas permukaan pada arang buah jabon putih *non* aktivasi dan sesudah diaktivasi dengan aktivator NaOH dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi arang buah jabon putih *non* aktivasi dan aktivasi

Arang 300°C	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Daya Jerap Iodium (mg/g)	Daya Jerap Metilen Biru (mg/g)	Luas Permukaan (m ² /g)
<i>Non</i> Aktivasi	2,03	4,37	976,3327	24,7519	91,7731
Aktivasi	1,98	3,11	1160,5285	25,1024	93,0727
SNI	≤ 15	≤ 10	≥ 750	≥ 120	

Penentuan nilai kadar air bertujuan untuk menentukan besarnya jumlah kandungan air dalam sampel arang dan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang. Arang *non* aktivasi memiliki nilai kadar air 2,03% dan arang sesudah diaktivasi memiliki nilai kadar air 1,98%. Aktivator NaOH yang memiliki sifat higroskopis membantu menyerap molekul air yang ada pada arang, sehingga menurunkan kandungan air yang terdapat pada arang. Menurut Mudaim *et al.*, (2021) semakin rendah kadar air menunjukkan semakin sedikit air yang tersisa dan menutupi pori-pori arang. Hasil penentuan nilai kadar air arang buah jabon putih *non* aktivasi dan arang sesudah aktivasi masih sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu nilai kadar air ≤ 15%.

Penentuan nilai kadar abu bertujuan untuk mengetahui sisa mineral atau logam dalam bentuk oksida yang masih tertinggal setelah dilakukannya proses karbonisasi. Arang *non* aktivasi memiliki nilai kadar abu 4,37% dan untuk arang sesudah aktivasi memiliki nilai kadar abu 3,11%. Penurunan nilai kadar abu disebabkan adanya penambahan aktivator NaOH, yang membantu dalam melepaskan abu dari arang. Hasil penentuan kadar abu arang jabon putih *non* aktivasi dan arang sesudah aktivasi masih sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu ≤ 10%. Penentuan daya jerap terhadap iodium bertujuan untuk mengetahui dan menentukan kemampuan arang dalam menyerap molekul-molekul mikropori yang memiliki ukuran ≤ 10 Å. Semakin tinggi daya jerap iodium yang didapat, maka semakin baik kemampuan dari mikropori arang dalam menyerap iodium. Berdasarkan hasil penelitian, daya jerap terhadap iodium untuk arang *non* aktivasi yaitu 976,3327 mg/g dan arang sesudah aktivasi yaitu 1160,5285 mg/g, dimana keduanya masih sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu dengan nilai daya jerap iodium ≥ 750 mg/g. Adanya peningkatan daya jerap arang aktivasi terhadap iodium, menunjukkan lebih besarnya luas permukaan pada arang aktivasi dibandingkan dengan arang *non* aktivasi serta menunjukkan aktivator NaOH bekerja dengan cukup baik dalam memperbesar luas permukaan arang. Selain itu, peningkatan daya jerap arang aktivasi terhadap iodium juga disebabkan karena nilai kadar abu arang setelah aktivasi yang lebih rendah dibandingkan nilai kadar abu arang *non* aktivasi.

Penentuan daya jerap terhadap metilen biru bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang dalam menyerap larutan berwarna dengan ukuran molekul 15 Å atau 1,5 nm. Pengujian daya jerap terhadap metilen biru dilakukan untuk menentukan kandungan makropori pada arang yang dihasilkan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian, daya jerap terhadap metilen biru untuk arang *non* aktivasi yaitu 24,7519 mg/g dan sesudah aktivasi yaitu 25,1024 mg/g. Kedua nilai tersebut masih tidak sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu dengan nilai daya jerap metilen biru ≥ 120 mg/g. Akan tetapi, pada arang sesudah aktivasi terjadi peningkatan daya jerap arang yang disebabkan adanya penurunan kadar abu. Penurunan kadar abu pada arang aktif menyebabkan pori arang menjadi terbuka, sehingga kemampuan arang aktif dalam menyerap metilen biru juga menjadi lebih besar. Berdasarkan Suprabawati *et al.*, (2018), uji

adsorpsi metilen biru tidak hanya untuk mengetahui kemampuan arang dalam menyerap molekul berukuran besar dan larutan berwarna saja, tetapi berkaitan juga dengan penentuan luas permukaan pori pada arang. Luas permukaan arang *non* aktivasi yang diperoleh yaitu 91,7731 m²/g dan yang sudah diaktivasi yaitu 93,0727 m²/g.

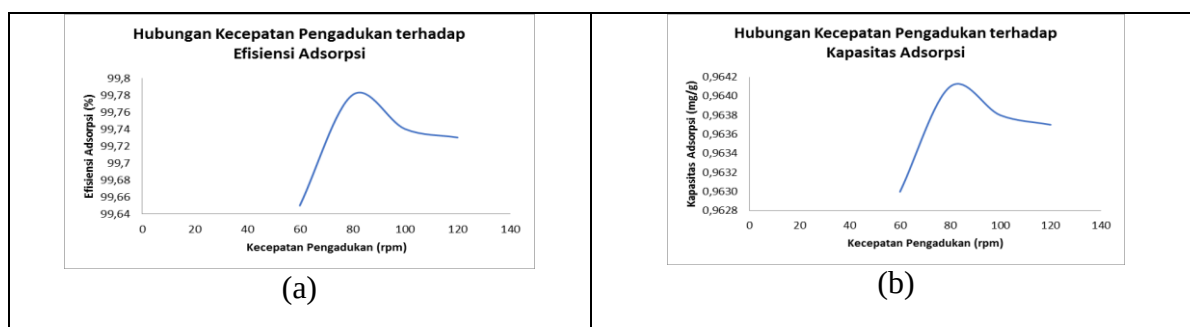
Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penjerapan ion merkuri (II)

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi arang aktif buah jabon putih dalam penjerapan ion merkuri (II) dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian ini dilakukan variasi kecepatan pengadukan saat adsorpsi ion Hg²⁺, dengan variasi kecepatan pengadukan yaitu 60, 80, 100, dan 120 rpm.

Pada Gambar 1 (a), menunjukkan pengaruh kecepatan pengadukan arang aktif buah jabon putih terhadap nilai efisiensi adsorpsi. Terjadi peningkatan nilai efisiensi adsorpsi arang aktif buah jabon putih terhadap ion merkuri (II) pada kecepatan pengadukan 60-80 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa adsorbat teradsorpsi dengan baik ke dalam pori-pori arang aktif. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 100-120 rpm terjadi penurunan nilai efisiensi adsorpsi yang dikarenakan pori-pori arang aktif mulai berkurang situs aktifnya atau jenuh dalam menyerap ion merkuri (II). Selain itu, terjadi juga proses desorpsi seiring dengan adanya penambahan kecepatan pengadukan, sehingga diperoleh kecepatan pengadukan yang optimum yaitu 80 rpm dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 99,78%.

Pada Gambar 1 (b), menunjukkan pengaruh kecepatan pengadukan arang aktif jabon putih terhadap nilai kapasitas adsorpsi. Pada kecepatan pengadukan 60-80 rpm, dapat dilihat peningkatan nilai kapasitas adsorpsi, yang menandakan bahwa pori-pori pada permukaan arang aktif buah jabon putih mengalami peningkatan penyerapan ion merkuri (II). Sedangkan pada kecepatan pengadukan 100-120 rpm terjadi penurunan nilai kapasitas adsorpsi, yang disebabkan oleh situs aktif pada arang sudah semakin tertutupi oleh ion merkuri (II). Berdasarkan pada nilai kapasitas adsorpsi, diperoleh kapasitas adsorpsi tertinggi pada kecepatan pengadukan 80 rpm dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,9641 mg/g.

Pada penyerapan ion merkuri (II) yang terjadi antara arang aktif buah jabon putih dengan larutan simulasi ion merkuri (II) didapatkan kecepatan pengadukan optimum pada 80 rpm. Berdasarkan Syauqiah *et al.*, (2011), penggunaan kecepatan pengadukan melebihi 90 rpm akan membuat ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas. Selain itu, kecepatan pengadukan yang terlalu cepat akan mengakibatkan arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam sehingga hanya sedikit logam yang terjerap pada adsorben.

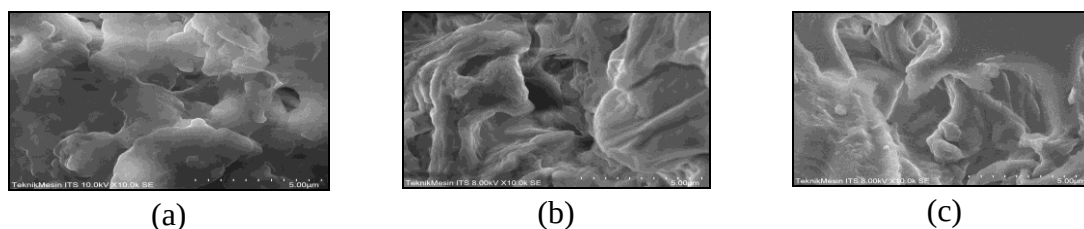


Gambar 1. Grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap penyerapan ion merkuri (II) dalam penentuan: ((a) efisiensi adsorpsi dan (b) kapasitas adsorpsi

Adsorpsi ion merkuri (II) pada arang dibantu oleh adanya gugus fungsi yang mempunyai potensial negatif. Gugus fungsi yang berperan yaitu gugus karbonil, hidroksil dan amina (NH). Unsur O dan N yang memiliki potensial negatif akan menarik ion merkuri yang memiliki potensial positif, sehingga ion merkuri (Hg^{2+}) akan tertarik ke adsorben dan terjebak pada permukaan dan pori-pori arang buah jabon putih. Arang buah jabon putih juga memiliki gugus fungsi pembentuk struktur selulosa, yaitu C-H alifatik dan $-\text{OH}$. Selulosa mempunyai situs aktif yang berperan besar dalam menyerap senyawa kationik. Kation seperti ion logam Hg^{2+} akan terjebak jika dikontakkan langsung dengan arang aktif sehingga membuat terjadinya penjerapan ion logam Hg^{2+} .

Analisis morfologi arang buah jabon putih

Hasil analisis morfologi arang buah jabon putih menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan pembesaran 10000x dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil analisis morfologi arang buah jabon putih menggunakan SEM dengan pembesaran 10000x: (a) *non* aktivasi, gambar (b) arang aktif dan (c) arang aktif setelah penjerapan ion merkuri (II)

Berdasarkan hasil analisis SEM yang terdapat pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa pada Gambar 2 (a) merupakan gambar arang *non* aktivasi yang pori atau permukaannya seperti masih tertutupi oleh zat-zat pengotor yang tidak hilang saat proses karbonisasi. Pori-pori arang *non* aktivasi tersebut diduga masih tertutupi oleh hidrogen, tar, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen dan sulfur. Gambar 2 (b) merupakan gambar arang aktif sebelum dikontakkan dengan larutan ion Hg^{2+} , yang memperlihatkan bahwa terdapat rongga atau pori-pori yang terbuka pada permukaan arang tersebut. Pori-pori pada hasil SEM arang aktif lebih terbuka dibandingkan dengan pori-pori arang *non* aktivasi. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh penambahan aktivator NaOH yang mampu memperbesar pori melalui pemecahan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul pada permukaan sehingga luas permukaannya menjadi bertambah besar. Gambar 2 (c) merupakan arang aktif setelah penjerapan ion Hg^{2+} dengan kecepatan pengadukan optimum (80 rpm). Hasil uji ini menunjukkan bentuk permukaan arang yang lebih halus dan tertutup, yang dikarenakan pori-pori pada permukaan arang aktif tertutupi oleh ion Hg^{2+} yang berasal dari proses pengontakan arang dengan larutan simulasi ion Hg^{2+} .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa karakterisasi arang aktif menghasilkan nilai kadar air 1,98%; kadar abu 3,11%, daya jerap iodium 1160,5285 mg/g, daya jerap metilen biru 25,1024 mg/g dan luas permukaan arang mencapai 93,0727 m^2/g .

Kecepatan pengadukan optimum saat adsorpsi arang buah jabon putih terhadap ion merkuri (II) terjadi pada kecepatan 80 rpm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,78% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,9641 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardianti, D., Ratna., Harimu, L. 2019. Pengaruh kecepatan pengadukan dan waktu adsorpsi terhadap mutu minyak goreng bekas menggunakan adsorben arang aktif ampas sagu (*Metroxylon sago* sp.). *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas HaluOleo*. 4(3) : 201-211.
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Anthocephalus cadamba* Miq.: *Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. CIFOR, Bogor.
- Mudaim, S., Hidayat, S., Risdiana. 2021. Analisis proksimat karbon kulit kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan variasi suhu karbonisasi. *JIIIF*. 5(2) : 157-163.
- Mulyana, D., Asmarahman, C., Fahmi, I. 2011. *Panduan Lengkap Bisnis Bertanam Kayu Jabon*. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Saputra, T.M., Hamzari., Muis, H. 2019. Pendugaan potensi volume dan biomassa tegakan jabon merah (*Anthocephalus macropillus*) pada hutan produksi terbatas (HTP). *Jurnal Warta Rimba*. 7(3) : 100-106.
- Sirajuddin., Syahrir, M., Syahrir, M. 2017. Optimasi kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah cair *laundry* untuk menurunkan kadar surfaktan menggunakan batu bara. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017* : 1-8.
- Suprabawati, A., Holiyah, N.W., Jasmansyah. 2018. Kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai karbon aktif dengan berbagai langkah pembuatan untuk adsorpsi ion logam timbal (Pb^{2+}) dalam air. *Jurnal Kartika Kimia*. 1(1) : 21-28.
- Sutrisno., Syamsudin, T.S., Alamsyah, E.M., Purwasasmita, B.S. 2015. Synthesis and characterization of bio-based nanomaterials from jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) wood bark: an organic waste material from community forest. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*. 47(2) : 205-218.
- Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini, H.A. 2011. Analisis variasi waktu dan kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *INFO TEKNIK*. 20(1) : 11-20.