

# Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Menggunakan Metoda Sonikasi

Tirta Suci Dhian Kasih, M. Taufik, Miftahul Khair\*

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

\*miftah@fmipa.unp.ac.id

**Abstract**— Activated carbon from palm kernel shell has been prepared by using ultrasonic assisted activation. Carbonization was conducted at mild condition of 400°C for 90 minutes heating time. Ultrasonic irradiation (35 Watt, 42 KHz) for 15 minutes increases the carbon iodine number from 452.4021 mg/g up to 817.4907 which is higher than SNI 06-3730-1995 requirement of mg/ g 750 mg/g for activated carbon. FTIR spectra results show that activated carbon has -OH groups at wave numbers of 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$ , C = C at wave numbers of 1550-1650  $\text{cm}^{-1}$ , CO at wave numbers of 1000-1260  $\text{cm}^{-1}$  and CH at wave numbers of 810- 770  $\text{cm}^{-1}$ . XRD spectra showed that activated carbon has amorf structure. Adsorption test results showed that the prepared activated carbon was able to absorb  $\text{Pb}^{+2}$  ion at the optimum concentration of 60 mg/L. Adsorption isotherm study conducted by Freundlich equation produces a regression coefficient  $R_2 = 0.835$  with a maximum absorption capacity of 1.7906 mg/ g.

**Keywords:** karbon aktif, ultrasonik, kimia hijau, adsorben, cangkang kelapa sawit

## I. PENDAHULUAN

Limbah cangkang kelapa sawit merupakan salah satu bahan yang potensial sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Hal ini karena ketersediaannya yang melimpah dan juga biaya produksinya yang rendah namun menghasilkan produk dengan nilai ekonomis yang tinggi [1]. Cangkang kelapa sawit mengandung 51,6% karbon C serta kadar abu yang rendah [2] sehingga menjadi bahan yang potensial dalam pembuatan karbon aktif [3]. Karbon aktif memiliki struktur dengan porositas yang tinggi serta luas permukaan yang besar 800  $\text{m}^2/\text{g}$  [4]. Rongga kosong yang terdapat pada karbon aktif kemudian akan dapat diisi oleh suatu molekul sehingga karbon aktif digunakan sebagai bahan penyerap atau penghilang polutan dari air limbah [5].

Karbon aktif memiliki banyak kegunaan sebagai adsorben, salah satunya adalah dapat digunakan sebagai adsorben dari logam berat yang terdapat pada perairan. Salah satu jenis logam berat yang sering ditemui di perairan adalah logam timbal. Beberapa logam berat memang memiliki manfaat bagi tubuh namun memiliki ambang batas toleransi, namun apabila nilai ambang batas ini telah melewati toleransi tubuh maka dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan dapat berakibat pada kematian.

Karbon aktif dihasilkan melalui tahap karbonisasi dan tahap aktivasi. Pada tahap karbonisasi struktur dan pori-pori dari karbon akan mulai terbentuk dan menyebar secara acak. Pori-pori pada karbon akan membuat karbon memiliki kemampuan sebagai adsorben yang baik. Melalui tahap

karbonisasi sebagian besar unsur-unsur non-carbon seperti oksigen, hydrogen dan nitrogen akan menguap sehingga jumlah pengotor yang terdapat dalam bahan baku akan berkurang dan akan menghasilkan massa karbon yang tetap dengan daya adsorpsi yang baik [6].

Tahap selanjutnya yaitu tahap aktivasi. Selama proses aktivasi fisik pori-pori karbon akan meluas dan memiliki tingkat porositas yang tinggi [4]. Umumnya aktivasi karbon menggunakan larutan garam, basa atau asam, namun penggunaan larutan ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan yaitu penggunaan gelombang ultrasonik pada proses aktivasi karbon. Penggunaan gelombang ultrasonik sebagai aktivator karbon akan menghasilkan produk karbon yang lebih sedikit menghasilkan limbah kimia ke lingkungan. Gelombang ultrasonik dapat meningkatkan daya serap dari karbon karena gelombang ultrasonik mampu meningkatkan luas permukaan karbon. Peningkatan luas permukaan pada karbon disebabkan oleh adanya interaksi panas yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik dengan molekul-molekul yang terdapat pada karbon sehingga dapat menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada permukaan pori-pori karbon [7]. Pembuatan karbon aktif menggunakan gelombang ultrasonik merupakan salah satu pengaplikasian dari metoda kimia hijau dimana metoda ini dapat digunakan untuk mengurangi limbah dan polusi yang disebabkan oleh bahan kimia, mengefesienkan sumber energi dan material dan mengurangi biaya penanganan lingkungan yang terkena dampak negatif dari penggunaan bahan kimia.

## II. METODA PENELITIAN

### A. Alat

Alat alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah peralatan gelas, botol semprot, spatula, buret, neraca analitik (merck), shaker (SHO-ID), kertas saring, alu dan lumpang, ayakan (ukuran 100 mesh), ultrasonik (42 KHz, 35 watt), oven listrik (XU 225 FRANCE ETUVES), instrument FTIR (PANalytical Expert pro), AAS (Shimadzu tipe AA 600) dan XRD).

### B. Bahan

Bahan yang digunakan adalah batang kelapa sawit dari PT Wilmar Nabati Indonesia, Iodine 0,1 N (merk EMSURE), KI teknis 0,1 N (merk EMSURE),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  teknis 0,1 N (merk EMSURE), kanji teknis 1%, dan akuades.

### C. Prosedur Penelitian

#### 1. Pembuatan karbon aktif

Mempersiapkan bahan: cangkang kelapa sawit sisa hasil produksi disiapkan berbentuk serpihan, dicuci bersih dan dikeringkan dengan oven temperature  $105^\circ\text{C}$  hingga berat konstan. Bahan kemudian difurnace pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  selama 90 menit. Sampel dihaluskan dan diayak dengan ukuran ayakan 100 mesh dan diuji proksimat (kadar abu, , kadar air, kadar karbon terikat, kadar zat mudah menguap dan daya serap iod). Karbon optimum hasil karbonisasi diaktivasi menggunakan ultrasonik dengan perbandingan volume aquades (ml) dan massa karbon (gram) (4:1) (densitas air 1 gr/ml) pada daya 35 Watt, frekuensi 42 KHz dan waktu radiasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Setelah diaktivasi karbon kemudian dibilas dengan air dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 60 menit dan didinginkan pada desikator dan dilakukan uji proksimat. Hasil karbon aktif optimum dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.

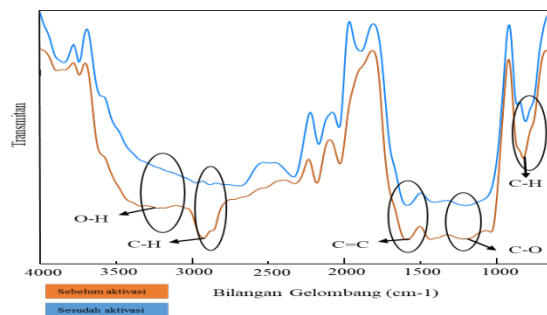
#### 2. Uji daya serap karbon aktif terhadap logam $\text{Pb}^{+2}$

Sebanyak 0.2 gram karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan waktu optimum dimasukkan kedalam 50 ml larutan standar timbal dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm yang kemudian diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 125 rpm pada temperatur ruang. Larutan kemudian disaring dan filtrat diukur konsentrasi larutan timbal yang tidak diserap menggunakan AAS.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisa FTIR

Instrumen FTIR digunakan untuk menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada karbon yang dihasilkan berupa puncak-puncak yang muncul pada panjang gelombang tertentu. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR dilakukan pada panjang gelombang  $4000-600\text{ cm}^{-1}$ . Gambar 1 menunjukkan keberadaan gugus fungsi pada struktur karbon aktif hasil aktivasi menggunakan ultrasonik selama 15 menit.

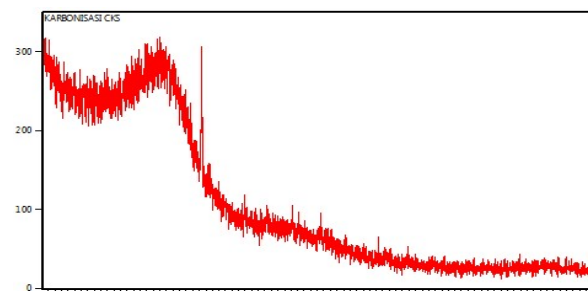


Gambar 1. Spektra FTIR karbon aktif cangkang kelapa sawit sebelum dan sesudah aktivasi

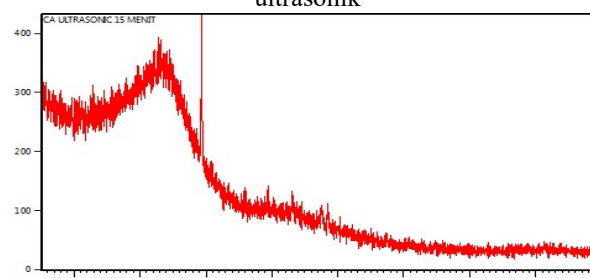
Spektra FTIR dari cangkang kelapa sawit yang diaktivasi menggunakan ultrasonik menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang  $3000-3500\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi  $-\text{OH}$  stretching alkohol dan fenol, pada bilangan gelombang  $1300-900\text{ cm}^{-1}$  terdapat gugus fungsi C-O stretching, pada bilangan gelombang  $1550-1650$  terdapat gugus C=C aromatik dari lignin. Sedangkan pada bilangan gelombang  $810-770\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi C-H bonding dari hemiselulosa [8]. Hilangnya gugus C-H pada bilangan gelombang  $2923-3000\text{ cm}^{-1}$  pada karbon setelah aktivasi menunjukkan bahwa karbonisasi berlanjut pada proses aktivasi. Tingginya intensitas pita-pita serapan tersebut dikarenakan semakin banyaknya gugus karbon yang terikat pada karbon yang diaktivasi.

### B. Analisa XRD

Derajat kristalin yang dihasilkan oleh XRD akan menunjukkan keteraturan struktur suatu material sehingga XRD digunakan untuk melihat struktur kristalin suatu material pada sampel tertentu. Gambar 2 menunjukkan hasil karakterisasi karbon dari cangkang kelapa sawit menggunakan XRD.



Gambar 2a. Spektra XRD karbon tanpa menggunakan ultrasonik

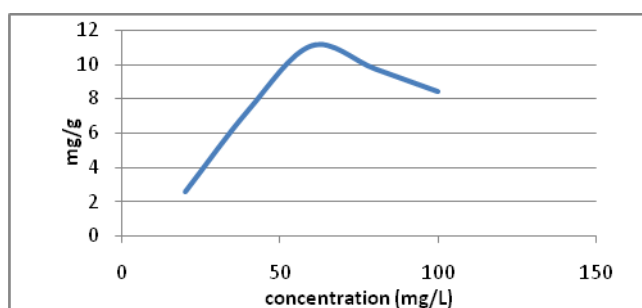


Gambar 2b. Spektra XRD karbon menggunakan ultrasonik

Berdasarkan hasil karakterisasi dapat dilihat bahwa karbon memiliki jangkauan sudut yang lebar dan puncak yang landai kearah sudut  $2\theta$  mendekati puncak utama  $28^\circ$  dengan grafik melebar pada sudut  $10-30^\circ$  yang menandakan karbon aktif cangkang kelapa sawit yang dihasilkan berbentuk amorf.

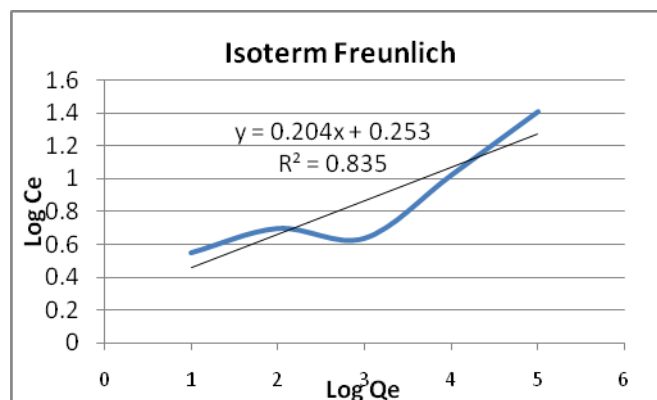
### C. Uji Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Logam $Pb^{+2}$

Daya serap karbon aktif terhadap ion logam timbal merupakan besarnya konsentrasi ion logam timbal yang terserap oleh karbon aktif. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap penyerapan logam timbal ( $Pb^{2+}$ ) menggunakan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi larutan akan menyebabkan peningkatan adsorpsi terhadap ion logam.

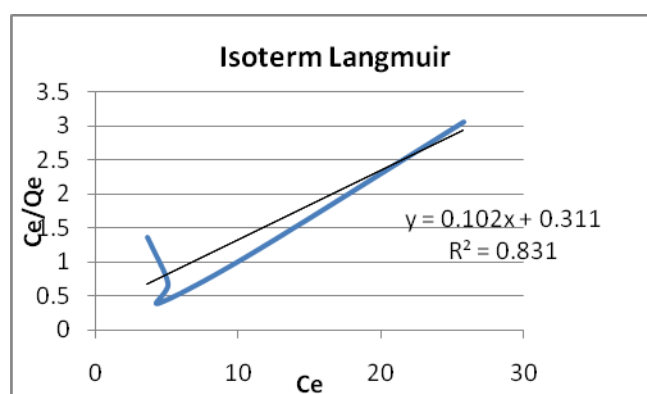


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi terhadap daya serap karbon aktif terhadap ion logam timbal

Pada gambar 3 terlihat bahwa pada rentang konsentrasi yang digunakan semakin meningkat konsentrasi larutan maka semakin tinggi kapasitas serapan ion timbal. Peningkatan terjadi dari konsentrasi 20 mg/L hingga optimum pada konsentrasi 60 mg/L. Hal ini menunjukkan kemampuan situs aktif dari karbon aktif dalam mengadsorpsi, semakin kecil konsentrasi ion logam timbal maka semakin sedikit pula situs aktif dari karbon aktif yang tertutup oleh ion logam timbal, sehingga pada konsentrasi ion logam timbal yang tinggi kemungkinan situs aktif tertutup oleh ion logam timbal lebih banyak dan juga tercapai keadaan yang jenuh yaitu karbon aktif tidak dapat menyerap ion logam timbal [9]. Penentuan kapasitas serapan maksimum dilakukan dengan menggunakan isoterm adsorpsi untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Model isoterm adsorpsi yang terjadi pada penyerapan ion logam timbal menggunakan karbon cangkang kelapa sawit yang diaktivasi menggunakan gelombang ultrasonik dengan menguji persamaan regresi linier isoterm Langmuir dan persamaan isoterm Freundlich dengan membandingkan nilai koefisien korelasinya ( $R^2$ ) yang mendekati nilai 1.



Gambar 4a. persamaan Isoterm Freundlich



Gambar 4b. persamaan Isoterm Langmuir

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan persamaan tersebut koefisien korelasi ( $R^2$ ) dari kurva isoterm Langmuir yaitu 0.831 dan isoterm Freundlich 0.835 hal ini menunjukkan bahwa kecenderungan adsorpsi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit mengikuti persamaan Freundlich karena nilai  $R^2$  yang lebih mendekati 1. Isoterm Freundlich merupakan adsorpsi secara fisika yang merupakan adsorpsi secara heterogen karena tidak semua permukaan adsorben memiliki daya serap yang sama, bentuk lapisan adsorben pada permukaan adsorben adalah multilayer.

### D. Uji Proksimat Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian karakteristik karbon aktif dalam hal uji proksimat (proximate analysis) dari limbah cangkang kelapa sawit bertujuan untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Efek kavitasasi menghasilkan interaksi antara getaran yang dihasilkan ultrasonik dengan permukaan karbon pada saat tahap aktivasi dan berpengaruh terhadap waktu aktivasi yang diberikan.

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 1, kadar air yang terdapat pada karbon aktif yang dihasilkan telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia SNI-06-37301995. Pada pengujian kadar air waktu aktivasi memiliki pengaruh terhadap kandungan air yang terdapat pada karbon aktif dimana kadar air yang terdapat pada karbon aktif meningkat

seiring lama waktu aktivasi. Meningkatnya kadar air pada karbon aktif disebabkan oleh sifat higroskopis karbon aktif terhadap uap air dari udara melalui pori-pori karbon yang mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air dan juga pengikatan air oleh karbon aktif selama proses aktivasi. Kadar air terendah terdapat pada karbon yang diaktivasi menggunakan gelombang ultrasonik selama 15 menit.

TABEL 1  
UJI PROKSIMAT KARBON DARI LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT YANG DIAKTIVASI MENGGUNAKAN ULTRASONIK

Waktu	Kadar air max 15%	zat mudah mengap max 25%	abu 10 %	Karbon terikat min 65%	Iodine number min 750 mg/g
Tanpa ultrasonik	3.68	7.83	5.98	86.1812	452.4021
5	1.48	13.30	5.66	81.04	754.6068
10	1.46	11.23	5.80	82.97	786.0488
15	1.37	9.82	5.33	84.85	817.4907
20	1.65	11.36	5.86	82.78	779.7604
25	1.99	10.48	5.78	83.74	792.3372
30	2.36	10.09	5.75	84.16	804.9139

Pengaruh waktu aktivasi terhadap kadar zat mudah menguap pada karbon aktif cenderung menurun seiring penambahan waktu aktivasi yang dilakukan. Hal ini karena pengaruh radiasi gelombang ultrasonik yang dihasilkan pada saat aktivasi [10]. Kadar zat mudah menguap terendah terdapat pada karbon yang diaktivasi selama 15 menit sebesar 9.82%. Pada pengujian kadar abu pada karbon aktif yang dihasilkan, kadar abu tertinggi terdapat pada karbon yang diaktivasi selama 20 menit yaitu sebesar 5.86% dan nilai kadar abu terendah terdapat pada karbon yang diaktivasi selama 15 menit sebesar 5.33%. Semakin rendah kadar abu yang terdapat pada karbon aktif maka semakin baik daya serap karbon aktif tersebut karena abu yang terdapat pada karbon aktif dapat menghambat pori-pori pada permukaan karbon [11].

Kadar karbon terikat merupakan jumlah karbon murni yang terikat dalam arang. Pengujian karbon terikat pada karbon bertujuan untuk menghitung kadar karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi berlangsung. Kandungan karbon terikat didominasi oleh selulosa dan lignin yang terdapat pada limbah cangkang kelapa sawit. Nilai kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada karbon yang diaktivasi menggunakan gelombang ultrasonik selama 15 menit sebesar 84.85%.

Kualitas karbon aktif dapat diamati dari kemampuan adsorpsi yodium. Semakin tinggi kemampuan adsorpsi yodium karbon aktif maka semakin luas permukaan karbon aktif. Berdasarkan data pada tabel diatas daya serap iod tertinggi terdapat pada karbon yang diaktivasi menggunakan ultrasound selama 15 menit dengan daya serap 817.4907 mg/g dan jika dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi yang daya serapnya hanya mencapai 452.4021 mg/g. Peningkatan daya serap iod pada karbon aktif menunjukkan bahwa gelombang

ultrasonik mampu memberikan efek aktivasi yang nyata pada karbon. Peningkatan daya serap karbon aktif disebabkan karena gelombang ultrasonik mampu membersihkan permukaan karbon dari pengotor-pengotor melalui pembentukan suhu dan tekanan tinggi selama kavitasi terjadi sehingga partikel tar dan pengotor yang berinteraksi secara interaksi van der Waals dengan dinding pori karbon akan terlepas. Ketika daya ultrasonik memasuki sistem, gelembung kavitasi akan membentuk gelembung panjang yang lebih besar dan lebih banyak yang akan menyebabkan adanya retakan-retakan mikro pada permukaan karbon sehingga luas permukaan dari karbon aktif semakin meningkat dan daya serapnya menjadi lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan gelombang ultrasonik [12].

#### IV. KESIMPULAN

Karbon aktif optimum dari limbah cangkang kelapa sawit yang diaktivasi menggunakan ultrasonik adalah karbon yang diaktivasi selama 15 menit dengan daya serap iod sebesar 817.4907 mg/g dan memiliki kapasitas serapan maksimum sebesar 1.7906 mg/L terhadap ion logam timbal pada konsentrasi 60 mg/L. Kesetimbangan isotherm adsorpsi cenderung mengikuti model isotherm Freundlich dengan nilai  $R^2$  0.835.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak dosen pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini. Selanjutnya terimakasih kepada seluruh analis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

#### REFERENSI

- [1] Zakir, Muhammad. 2013. "Adsorption of Lead ( II ) and Copper ( II ) Ions on Rice Husk Activated Carbon under Sonication 1," no. June: 25–28.
- [2] Arami-niya, Arash, Wan Mohd, Ashri Wan, Farouq S Mjalli, and Faisal Abnisa. 2011. "Chemical Engineering Research and Design Production of Microporous Palm Shell Based Activated Carbon for Methane Adsorption : Modeling and Optimization Using Response Surface Methodology." *Chemical Engineering Research and Design* 90 (6): 776–84. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.10.001>.
- [3] Andas, J, M L A Rahman, and M S M Yahya. 2017. "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Palm Kernel Shell." *MATERIALS ACIENCE AND ENGINEERING* 226. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012156>.
- [4] Keey, Rock, Liew Min, Yee Chong, and Osarieme Uyi. 2018. "Production of Activated Carbon as Catalyst Support by Microwave Pyrolysis of Palm Kernel Shell : A Comparative Study of Chemical versus Physical Activation." *Research on Chemical Intermediates*. <https://doi.org/10.1007/s11164-018-3388-y>.

- [5] Askalany, Ahmed A, M Salem, I M Ismail, Ahmed Hamza, H Ali, and M G Morsy. 2012. "A Review on Adsorption Cooling Systems with Adsorbent Carbon." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (1): 493–500. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.013>.
- [6] Evbuowman, B O, A M Agbede, and M M Atuka, 2013. "A Comparative Study of The Physico-Chemical Properties of Activated Carbon from Oil Palm Waste (Kernel Shell and Fibre)." *Science and Engineering Investigations* 2 (19): 75-79.
- [7] Veljkovic, V B. 2009. "Ultrasonics Sonochemistry Ultrasound-Assisted Adsorption of Copper ( II ) Ions on Hazelnut Shell Activated Carbon." *Journal ELSEVIER* 16: 557–63. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2008.12.002>.
- [8] Shafeeyan, Mohammad Saleh, Wan Mohd, Ashri Wan, Amirhossein Houshmand, and Ahmad Shamiri. 2010. "A Review on Surface Modification of Activated Carbon for Carbon Dioxide Adsorption Journal of Analytical and Applied Pyrolysis A Review on Surface Modification of Activated Carbon for Carbon Dioxide Adsorption." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 89 (2): 143–51. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2010.07.006>.
- [9] Pambayun, Gilar S, Remigius Y E Yulianto, M Rachimoellah, Endah M M Putri, Jurusan Teknik Kimia, and Fakultas Teknologi Industri. 2013. Kelapa Dengan Aktivator  $ZnCl_2$  DAN  $Na_2CO_3$  Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah" 2 (1).
- [10] Lempang, Mody, Wasrin Syafii, and Gustan Pari. 2012. "Properties and Quality of Candlenut Shell Activated Charcoal." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan.* <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20886/jphh.2012.30.2.100-113>.
- [11] Jaya, D. D., and Khair, M. (n.d.). "Preparation of Activated Carbon from Palm Oil Trunk Using  $H_3PO_4$  as Activating Agent." No 41:3-6.
- [12] Wang, Jingqiang, Xinpeng Zhuang, Jian Kong, Yang Liu, Xinghong Du, and Pengfei Xing. 2017. "Ce Pt Us T" 6395 (March). <https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1287198>.