

Pembuatan Karbon Aktif Secara Kimia Hijau dari Tandan Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik

Green Preparation of Activated Carbon from Palm Bunches by Ultrasonic Assisted Activation

Fatwa Insyirah^{*}, Miftahul Khair²

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang, Jl.Prof.Dr.Hamka, Air Tawar Barat, Kota Padang, Indonesia

^{*}The corresponding author: miftah@fmipa.unp.ac.id

Abstrak. Pembuatan karbon aktif dari tandan kelapa sawit dilakukan dengan bantuan aktivasi ultrasonik. Karbonisasi dilakukan pada suhu 300°C dengan waktu pemanasan 60 menit. Iradiasi ultrasonik (35 Watt, 40 KHz) selama 15 menit meningkatkan bilangan iodium karbon dari 515.2358 mg/g menjadi 772.5459 mg/g yang lebih tinggi dari persyaratan SNI 06-3730-1995 750 mg/g. Hasil spektra FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki gugus -OH pada bilangan gelombang 3000-3500 cm⁻¹, C = C pada bilangan gelombang 1550-1650 cm⁻¹, C-O pada bilangan gelombang 1000-1260 cm⁻¹ dan C-H pada bilangan gelombang 810-770 cm⁻¹. Hasil uji adsorpsi menunjukkan bahwa karbon mampu menyerap pada konsentrasi optimum 40 mg/L. Studi isotherm adsorpsi yang dilakukan, persamaan Freundlich koefisien regresi R² = 0.4225 dengan kapasitas serapan maksimum 6.0929 mg/g.

Kata Kunci: karbon aktif, ultrasonik, kimia hijau, adsorban, tandan sawit

Abstract. Activated carbon from palm bunches has been prepared by using ultrasonic assisted activation. Carbonization was conducted at mild condition of 300°C for 60 minutes heating time. Ultrasonic irradiation (35 Watt, 40 KHz) for 15 minutes increases the carbon iodine number from 515.2358 mg/g up to 772.5459 mg/g which is higher than SNI 06-3730-1995 requirement of 750 mg/g for activated carbon. FTIR spectra results show that activated carbon has -OH groups at wave numbers of 3000-3500 cm⁻¹, C = C at wave numbers of 1550-1650 cm⁻¹, CO at wave numbers of 1000-1260 cm⁻¹ and CH at wave numbers of 810-770 cm⁻¹. Adsorption test results showed that the prepared activated carbon was able to absorb Pb⁺² ion at the optimum concentration of 40 mg/L. Adsorption isotherm study conducted by Freundlich equation produces a regression coefficient R² = 0.5766 with a maximum absorption capacity of 6.0929 mg/ g.

Keywords: activated carbon, ultrasonic, green chemistry, adsorbent, palm bunches

1. Pendahuluan

Kimia Hijau adalah prinsip untuk mengurangi penggunaan bahan kimia dan mengurangi limbah kimia di lingkungan dari hasil proses kimiawi [1]. Karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki daya serap yang baik karena memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang terdapat di perairan seperti menurunkan kadar limbah logam berat (Pb²⁺) yang bersumber dari limbah industri[2].

Penggunaan biomassa sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif cukup populer belakangan ini. Ini karena sumber biomassa melimpah, mudah didapat, terbarukan.

Ketersediaan biomassa yang tinggi merupakan alternatif yang sangat menjanjikan dengan biaya produksi yang rendah namun menghasilkan produk yang bernilai ekonomis tinggi [3]. Salah satu biomassa yang potensial namun pemanfaatannya belum optimal yaitu tandan sawit. Kandungan yang terdapat pada tandan sawit diantaranya adalah homoselulosa yang tinggi yaitu 56,49%, yang terdiri dari selulosa 33,25% dan hemiselulosa 23,24%. Sedangkan kadar lignin pada tanaman ini mencapai 25,83 % [4]

Ada dua tahap untuk menghasilkan karbon aktif yaitu tahap karbonisasi dan juga tahap aktivasi [5]. Tahap karbonisasi dilakukan dengan menggunakan temperatur tinggi, dimana proses karbonisasi akan meningkatkan porositas cangkang kelapa sawit karena selama proses karbonisasi unsur non karbon seperti oksigen, hidrogen, nitrogen dan sulfur menguap sebagai gas membentuk pori-pori karbon [6].

Tahap kedua adalah tahap aktivasi. Aktivasi fisik merupakan tahap lanjutan dalam karbon setelah tahap karbonisasi. Selama proses aktivasi fisik pori-pori karbon akan mengembang dan memiliki tingkat porositas yang tinggi [7]. Pada proses aktivasi biasanya menggunakan temperatur tinggi dengan waktu yang relatif lama, sehingga diperlukan suatu metode pemanasan yang optimal untuk mengurangi waktu pemanasan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode sonikasi. Metode sonikasi ini akan meningkatkan luas permukaan karbon melalui retakan mikro pada permukaan karbon dan juga membersihkan permukaan karbon melalui efek kavitasi [8].

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah tandan kosong kelapa sawit dari PT.Selago Makmur, Dharmasraya, Indonesia, larutan I_2 0,1 N, larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N, larutan pati 1% dan akuades.

2.2. Alat

Alat yang digunakan adalah furnace, oven listrik, timbangan analitik, ayakan vibrator screen 100 mesh, desikator, pipet ukur, pipet tetes, buret, gelas ukur, spatula, cawan porselen, pipet volumetri, shecker, kertas saring, ultrasonik, FTIR dan AAS.

2.3. Persiapan Karbon Aktif

Bahan dicuci bersih dan dikeringkan dengan oven suhu $105^{\circ}C$. Proses karbonisasi dilakukan dengan memasukkan 50 gram tandan sawit yang telah dikeringkan ke dalam furnace dan dipanaskan dengan suhu karbonisasi $300^{\circ}C$ selama 60 menit. Kemudian karbon didinginkan ke dalam desikator, Setelah itu dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh. Selanjutnya diaktivasi menggunakan ultrasonik dengan perbandingan volume aquades terhadap massa karbon (4: 1) (densitas air 1 gr / ml) diletakkan pada erlenmeyer dan ultrasonik dengan daya 35 watt, frekuensi 42 KHz dan waktu radiasi 5, 10, 15 20, 25 dan 30 menit. Setelah itu dibilas menggunakan akuades untuk menghilangkan kotoran pada karbon, dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu $110^{\circ}C$ selama 60 menit. Analisis proksimat karbon diuji dengan (hasil kadar air, kadar abu, kadar uap, karbon terikat, dan adsorpsi iod). Setelah itu karbon optimum diuji karakteristiknya menggunakan FTIR dan diuji adsorpsi larutan timbal.

2.4. Persiapan adsorpsi karbon aktif untuk larutan timbal

Pada penelitian ini, adsorpsi karbon aktif untuk larutan timbal menggunakan karbon aktif optimum 0,25 gram dan larutan timbal 50 ml dengan kisaran konsentrasi antara 20, 40, 60, 80 dan 100 mg / L dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan larutan diaduk dengan kecepatan 125 rpm selama 30 menit. . Kemudian disaring dan filtrat diukur konsentrasi larutan timbal yang tidak diserap dengan menggunakan SSA.

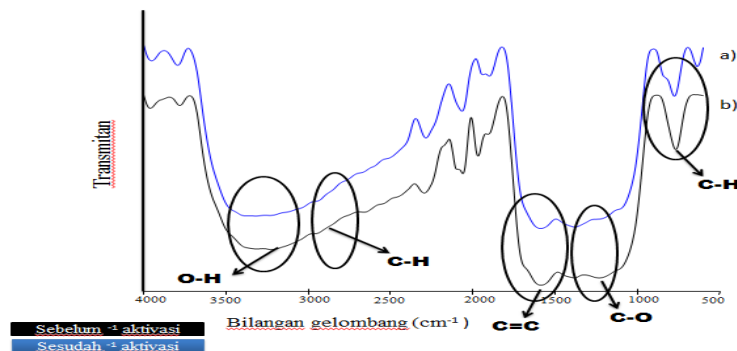
3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Karbon Tandan Kelapa Sawit

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan jenis ikatan yang terdapat pada karbon tandan kelapa sawit hasil karbonisasi dan karbon aktif optimum hasil aktivasi fisika ultrasonik. Analisis menggunakan AAS bertujuan untuk menganalisis adsorpsi karbon terhadap logam.

3.1.1 Spektra FTIR

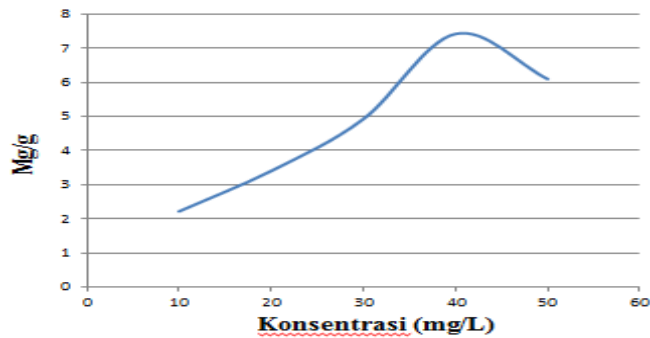
FTIR adalah alat yang digunakan untuk menganalisis gugus fungsi yang terkandung dalam karbon yang dihasilkan berupa puncak yang muncul pada panjang gelombang tertentu. Dengan melihat puncak yang terbentuk maka dapat diketahui gugus fungsi suatu senyawa sehingga dapat diketahui sifat-sifat karbon yang dihasilkan. Karakteristik menggunakan FTIR dilakukan pada panjang gelombang $4000-600\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus fungsi pada struktur karbon aktif hasil aktivasi menggunakan ultrasonik selama 15 menit. Spektrum FTIR tandan sawit dimana pita serapan pada bilangan gelombang $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ mengandung gugus fungsi -OH yang mengandung alkohol dan fenol, pada bilangan gelombang $1300-900\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi CO yang terikat, pada bilangan gelombang $1550-1650$ ada gugus $\text{C}=\text{C}$ aromatik dari lignin [9]. Hilangnya gugus CH pada bilangan gelombang $2923-3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa karbonisasi berlanjut dalam proses aktivasi.



Gambar 1. Spektrum FTIR tandan sawit sebelum karbonisasi dan setelah aktivasi

3.1.2 Adsorpsi karbon aktif ke logam timbal (Pb^{2+}).

Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan logam adalah semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin tinggi pula penyerapan logam timbal (Pb^{2+}). Hal ini dapat dilihat pada grafik dimana pada konsentrasi 10 mg/L hingga 50 mg/L terjadi peningkatan daya serap karbon terhadap logam hingga titik optimum berada pada konsentrasi 40 mg/L dengan daya serap sebesar $7,4159\text{ mg/g}$ yang kemudian menurun pada konsentrasi 50 mg/L dengan daya serap $6,0929\text{ mg/g}$. Ketika situs aktif atau pori-pori tidak jenuh maka akan terjadi peningkatan jumlah kapasitas adsorpsi ion logam secara linier. Selanjutnya, bila situs aktif atau pori-pori pada permukaan adsorben sudah jenuh dengan ion logam timbal, maka peningkatan konsentrasi tidak lagi mempengaruhi peningkatan adsorpsi.

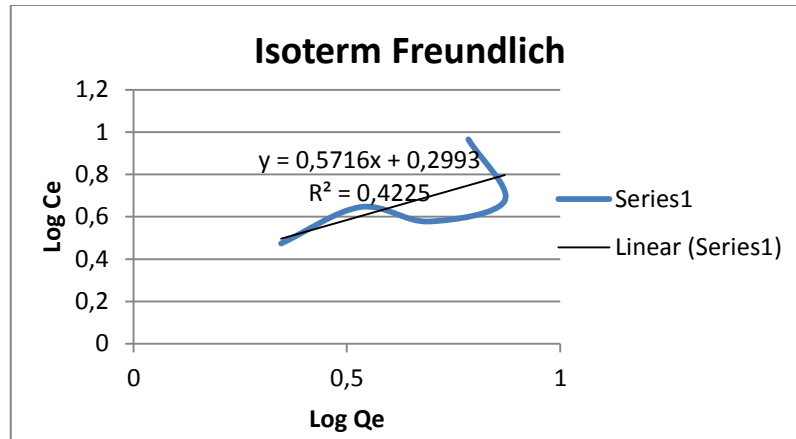


Gambar 2. Adsorpsi karbon aktif untuk larutan timbal

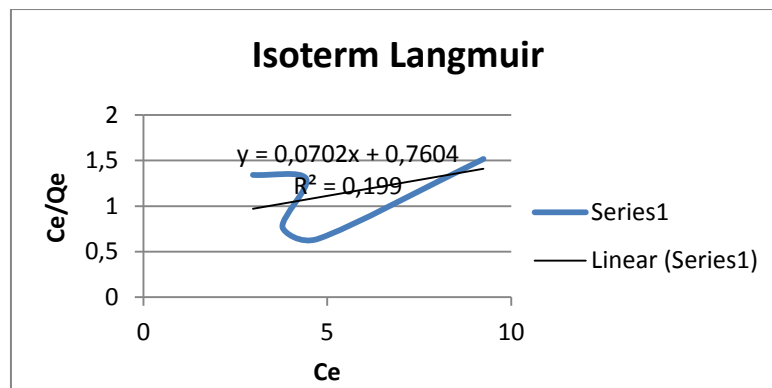
Kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap ion logam timbal adalah besarnya konsentrasi ion logam timbal yang diserap oleh karbon aktif. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap penyerapan logam timbal (Pb^{2+}) menggunakan karbon aktif dari tandan kelapa sawit menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan akan menyebabkan peningkatan adsorpsi ion logam.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada kisaran konsentrasi yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin tinggi pula daya serap ion timbal. Peningkatan terjadi dari konsentrasi 10 mg / L menjadi konsentrasi optimum 40 mg / L. Hal ini menunjukkan kemampuan sisi aktif karbon aktif dalam menyerap, semakin kecil konsentrasi ion logam timbal, situs aktif semakin sedikit. karbon aktif ditutupi oleh ion logam timbal, sehingga pada konsentrasi ion logam timbal yang tinggi kemungkinan besar situs aktif tertutup oleh ion logam timbal. lebih banyak dan juga mencapai keadaan jenuh, yaitu karbon aktif tidak dapat menyerap ion logam timbal [10]. Penurunan serapan karbon aktif terhadap ion logam timbal terjadi pada konsentrasi 50 mg / L. Dapat disimpulkan bahwa serapan optimum terjadi pada konsentrasi 40 mg / L dengan daya serap 6,0929 mg / g. Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum dilakukan dengan menggunakan isoterm adsorpsi untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Model isoterm adsorpsi yang terjadi pada adsorpsi ion logam timbal menggunakan tandan sawit diaktivasi menggunakan gelombang ultrasonik dengan menguji persamaan regresi linier isoterm Langmuir dan persamaan isoterm Freundlich.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan persamaan tersebut maka nilai koefisien korelasi R^2 yang mendekati nilai 1. Perbandingan nilai R diperoleh dari kedua persamaan yang disajikan pada gambar dimana nilai koefisien korelasi berbasis gambar R^2 dari kurva isoterm Langmuir adalah 0,199 dan isoterm Freundlich 0.4225 menunjukkan bahwa kecenderungan adsorpsi karbon aktif dari tandan sawit mengikuti persamaan Freundlich karena nilai R^2 lebih dekat dengan 1. Isoterm Freundlich merupakan adsorpsi fisik yang merupakan adsorpsi heterogen karena tidak semua permukaan adsorben memiliki daya serap yang sama, bentuk lapisan adsorben pada permukaan adsorben multilayer.



Gambar 3. Isoterm Freundlich dari Larutan Timbal Adsorpsi



Gambar 4. Isoterm Langmuir Larutan Timbal Adsorpsi

3.1.3 Analisis proksimat

Waktu (menit)	Kadar air (%) maks 15%	Uap (%) maks 25%	Abu (%) 10%	Karbon terikat (%) min 65%	Daya serap iodium min 750 mg / g
Tanpa Ultrasonik	4.84	10.33	5.9	83.77	515.2358
5	2.64	15.80	5.58	78.62	710.0201
10	2.62	13.73	5.72	80.55	735.4475
15	2.53	12.32	5.25	82.43	772.5459
20	2.81	13.86	5.78	80.36	741.1407
25	3.15	12.98	5.70	81.32	753.1006
30	3.52	12.59	5.67	81.74	729.4532

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa karbon pada tandan sawit setelah aktivasi memiliki kadar air dan kadar abu yang lebih rendah dibandingkan karbon sebelum aktivasi. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, waktu aktivasi berpengaruh terhadap kadar air pada karbon aktif dimana semakin lama waktu aktivasi maka semakin tinggi kadar air pada karbon tersebut. Hal ini disebabkan adanya peningkatan sifat higroskopis karbon aktif terhadap uap air dari udara dan juga pengikatan air oleh karbon aktif selama proses aktivasi. Keberadaan air dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis karbon itu sendiri, dimana karbon dengan pori-porinya memiliki afinitas yang besar terhadap air.

Pengaruh waktu terhadap kadar zat volatil yang terkandung dalam karbon aktif cenderung menurun seiring dengan lamanya waktu aktivasi dilakukan. Penurunan zat volatil yang terkandung dalam karbon aktif dari waktu ke waktu disebabkan oleh efek radiasi yang ditimbulkan selama aktivasi [11]. Kadar abu pada karbon aktif menurun setelah aktivasi menggunakan ultrasound karena suara ultra dapat membersihkan permukaan karbon dan mengurangi pengotor karbon yang dihasilkan. Semua karbon aktif yang diproduksi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

Berdasarkan grafik di atas, penyerapan iodium tertinggi terdapat pada karbon aktif menggunakan ultrasound selama 15 menit dengan penambahan perlakuan aquadest 4: 1 dengan karbon yang memiliki kapasitas serap 772.5459 mg / g dan jika dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi yang serapannya kapasitasnya hanya mencapai 515.2358 mg / g. peningkatan adsorpsi iodium dari karbon aktif menunjukkan bahwa ultrasound mampu memiliki efek pengaktifan yang nyata pada karbon.

Peningkatan adsorpsi karbon aktif disebabkan kemampuan ultrasonik dalam membersihkan permukaan karbon dari kotoran melalui pembentukan suhu dan tekanan tinggi pada saat kavitasi sehingga partikel tar dan kotoran yang berinteraksi dengan van der Waals akan berinteraksi dengan dinding pori karbon. Saat daya ultrasonik masuk ke dalam sistem, gelembung kavitasi akan membentuk gelembung yang lebih besar dan lebih panjang yang akan menyebabkan retakan mikro pada permukaan karbon sehingga luas permukaan karbon aktif bertambah dan daya serapnya lebih baik daripada tanpa menggunakan ultrasonik [12].

4. Kesimpulan

- 4.1 Karbon aktif berhasil dibuat dari tandan sawit melalui tahap karbonisasi pada suhu optimum 300°C selama 60 menit dan dilanjutkan dengan tahap aktivasi ultrasonik selama 15 menit.
- 4.2 Karbon aktif dari tandan kelapa sawit menggunakan aktivator ultrasonik memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995).
- 4.3 Karbon aktif yang dibuat dapat menyerap Pb^{2+} dengan adsorpsi maksimum 6,0929 mg/ g.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Padang atas fasilitas dan dukungannya. Terima kasih kepada Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas fasilitas dan dukungannya.

Daftar Pustaka

- [1] Belwal, S. (2013) 'Revolusi Hijau dalam Kimia oleh Microwave Assisted Synthesis: A Review', *Modern Chemistry*, 1 (3), hal. 22. doi: 10.11648 / j.mc.20130103.11 .
- [2] Foo, KY dan Hameed, BH (2013) 'Teknologi Bioresource Pemanfaatan residu padat biodiesel kelapa sawit sebagai sumber terbarukan untuk persiapan karbon aktif granular dengan aktivasi KOH yang diinduksi gelombang mikro', *jurnal ELSEVIER*, 130, hlm. 696-702. doi: 10.1016 / j.biortech.2012.11.146 .
- [3] Zakir, Muhammad. 2013. "Adsorpsi Ion Timbal (II) dan Tembaga (II) pada Karbon Aktif Sekam Padi di Bawah Sonikasi 1," no. Juni: 25–28.

- [4] Maslahat, M., Arissujaya, D., & Lismayani, S. (2018). *Optimasi Suhu Aktivasi Pada Pembuatan Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit*. (September), 46–51.
- [5] Hoseinzadeh, Roozbeh, Arash Arami-niya, Wan Mohd, Ashri Wan, dan JN Sahu. 2013. "Jurnal Perbandingan Analitik dan Pirolisis Terapan Karbon Aktif Berbasis Cangkang Kelapa Sawit yang Dihasilkan oleh Gelombang Mikro dan Metode Pemanasan Konvensional Menggunakan Aktivasi Seng Klorida." *Jurnal Pirolisis Analitik dan Terapan* 104: 176-84. <http://sci-hub.tw/10.1016/j.jaap.2013.08.006> .
- [6] Evbuomwan, BO, AM Agbede, dan MM Atuka. 2013. "Studi Banding Sifat Fisik-Kimiawi Karbon Aktif dari Limbah Kelapa Sawit (Cangkang Inti dan Serat)." *Investigasi Sains dan Teknik* 2 (19): 75–79.
- [7] Keey, Rock, Liew Min, Yee Chong, dan Osarieme Uyi. 2018. "Produksi Karbon Aktif sebagai Penunjang Katalis oleh Pirolisis Gelombang Mikro Cangkang Sawit: Studi Perbandingan Aktivasi Kimia versus Fisik." *Penelitian Kimia Perantara*. <http://sci-hub.tw/10.1007/s11164-018-3388-y> .
- [8] Veljkovic, V B. 2009. "Adsorpsi Ion Tembaga (II) dengan Bantuan Ultrasonik Sonokimia pada Karbon Aktif Kulit Kemiri." *Jurnal ELSEVIER* 16: 557–63. <http://sci-hub.tw/10.1016/j.ultsonch.2008.12.002> .
- [9] Shafeeyan, Mohammad Saleh, Wan Mohd, Ashri Wan, Amirhossein Houshmand, dan Ahmad Shamiri. 2010. "Tinjauan Modifikasi Permukaan Karbon Aktif untuk Adsorpsi Karbon Dioksida *Jurnal Pirolisis Analitik dan Terapan* Tinjauan Modifikasi Permukaan Karbon Aktif untuk Adsorpsi Karbon Dioksida". *Jurnal Pirolisis Analitik dan Terapan* 89 (2): 143-51. <http://sci-hub.tw/10.1016/j.jaap.2010.07.006> .
- [10] Pambayun, Gilar S, Remigius YE Yulianto, M Rachimoellah, Endah MM Putri, Jurusan Teknik Kimia, dan Fakultas Teknologi Industri. 2013. "PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN AKTIVATOR ZnCl₂ DAN Na₂CO₃ SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENGURANGI KADAR FENOL DALAM AIR LIMBAH" 2 (1).
- [11] Lempang, Mody, Wasrin Syafii, dan Gustan Pari. 2012. "Sifat dan Kualitas Arang Aktif Kulit Kemiri". *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20886/jphh.2012.30.2.100-113> .
- [12] Wang, Jingqiang, Xinpeng Zhuang, Jian Kong, Yang Liu, Xinghong Du, dan Pengfei Xing. 2017. "Ce Pt Us T" 6395 (Maret). <http://sci-hub.tw/10.1080/01496395.2017.1287198> .