

Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik sebagai Adsorben Rhodamin B

Fajar Sa'bandi, Syamsi Aini, Umar Kalmar Nizar, Miftahul Khair*

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

miftah@fmipa.unp.ac.id

Abstract – The preparation of activated carbon from oil palm frond waste using an ultrasonic wave activator has been successfully carried out. The carbonization process was carried out at a temperature of 250°C for 90 minutes. Activation with ultrasonic waves (35 Watt, 40 KHz) for 30 minutes was able to increase the iodine number from 330.06 mg/g to 799.14 mg/g and was in accordance with SNI No.06-3730-1995. FTIR spectra show that the activated carbon of oil palm fronds has a functional group –OH at wave number 2900-3200 cm⁻¹, C=C at wavenumber 1500-1600 cm⁻¹, C-O at wavenumber 1200-1250 cm⁻¹. The results of the adsorption test on Rhodamine B dye showed that the activated carbon produced had an optimum absorption capacity of 9.04 mg/g at a concentration of 400 ppm for 90 minutes. Studies show that the adsorption isotherms absorption mechanisms tend to follow the Freundlich equation with a correlation coefficient (R²)= 0.9861.

Keywords: oil palm frond, activated carbon, ultrasonic, absorption, Rhodamin B

I. PENDAHULUAN

Pelepah kelapa sawit merupakan jenis limbah padat terbesar yang dihasilkan dalam industri kelapa sawit. Limbah pelepah kelapa sawit juga sangat minim dimanfaatkan menjadikan limbah biomassa ini berlimpah. Analisa kimia membuktikan pelepah kelapa sawit mengandung Selulosa, Hemiselulosa dan juga Lignin, yang menjadikan Pelepah kelapa sawit berpotensi diolah menjadi karbon aktif yang memiliki manfaat besar dan bernilai ekonomis [1].

Karbon aktif merupakan karbon dengan luas permukaan yang besar serta memiliki situs porositas yang tinggi [2]. Karakteristik ini menjadikan karbon aktif memiliki sifat adsorpsi yang baik, sehingga efektif dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah [3]. Karbon aktif diperoleh melalui rangkaian proses yang dikenal dengan Pembuatan karbon aktif.

Pembuatan karbon aktif pada dasarnya meliputi proses dehidrasi, karbonisasi dan proses aktivasi. Dehidrasi merupakan tahap pengurangan kadar air dalam bahan baku. Karbonisasi adalah tahap pembentukan karbon, sedangkan untuk tahap aktivasi merupakan tahap peningkatan kualitas dari karbon yang dapat dilakukan secara fisika maupun kimia [4]. Aktivasi secara fisika menghasilkan karbon dengan tingkat porositas yang lebih tinggi dan juga berkembang [5]. Karena itu proses aktivasi fisika dengan metode ultrasonik dapat dimanfaatkan dalam proses aktivasi karbon disamping memenuhi aspek kimia hijau.

Ultrasonik adalah gelombang berfrekuensi tinggi yaitu diatas 20 kHz yang dihasilkan oleh alat sonikator. Metode ultrasonik memiliki keunggulan berupa prosesnya yang relatif cepat, lebih murah dan juga minim pemakaian zat kimia [6]. Selain itu, berdasarkan penelitian (Kasih, 2020) tentang karbon aktif dari cangkang kelapa sawit teraktivasi ultrasonik juga menghasilkan karbon aktif dengan kualitas adsorpsi yang baik sehingga efektif digunakan sebagai adsorben. Karena itu karbon aktif dari pelepah kelapa sawit teraktivasi ultrasonik diharapkan juga memiliki kualitas adsorpsi yang baik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben Rhodamin B.

Rhodamin B merupakan zat warna sintesis yang umum digunakan dalam industri kertas dan tekstil. Rhodamin B berbahaya bagi tubuh karena bersifat toksik dan karsinogenik [7]. Rhodamin B juga merupakan senyawa yang tidak mudah terurai oleh mikroorganisme [8]. Selain itu, keberadaan Rhodamin B dalam perairan dapat merusak ekosistem. Oleh karena bahaya dan sulit terurainya maka diperlukan alternatif lain untuk menurunkan kadar Rhodamin B dalam perairan. Salah satunya dengan mengadsorpsi limbah Rhodamin B dengan menggunakan karbon aktif pelepah kelapa sawit.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas kimia laboratorium, oven, furnace (heaters from LAC Asia ltd brand Ht40), Ultrasonik (BK-1200), ayakan (100 mesh), shacker (SHO-ID), neraca analitik

(merck), desikator, FTIR (*PANalytical Expert Pro*), UV-Vis (Specord 210), Spektromik (*Genesys 20 visible spectrophotometer thermo fisher*).

B. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah Pelepeh Kelapa Sawit dari Perkebunan Sawit Tiku, Indonesia, Larutan Na₂S₂O₃ teknis 0.1 N (merk EMSURE), larutan I₂ 0.1 N (merk EMSURE), larutan KI 0.1 N (merk EMSURE), larutan kanji teknis 1% dan aquades.

C. Prosedur penelitian

1. Preparasi Karbon Aktif

Limbah pelepeh kelapa sawit dipotong kecil-kecil, dicuci bersih dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C hingga berat konstan. Bahan selanjutnya karbonisasi dalam furnace pada temperatur 250 dan 300 °C masing-masing selama 60, 75, 90, 105 menit. Karbon yang terbentuk didinginkan dalam desikator kemudian dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 100 mesh. Kemudian karbon diuji proksimat (kadar abu, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat dan bilangan iod). Karbon optimum selanjutnya diaktivasi menggunakan gelombang ultrasonik dengan perbandingan volume aquades (mL) dan massa karbon (gram) (5:1) dengan daya 35 watt, frekuensi 45 KHz selama 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit. Setelah aktivasi karbon selanjutnya dibilas dengan aquades dan dikeringkan menggunakan oven kemudian dilanjutkan uji proksimat kembali. Karbon aktif optimum di karakterisasi menggunakan FTIR.

2. Uji adsorpsi karbon aktif terhadap Rhodamin B

a. Penentuan waktu optimum

1 gram karbon aktif optimum di kontakkan dengan 25 mL larutan Rhodamin B 100 ppm. Kemudian di shacker dengan kecepatan 150 rpm selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 menit. Selanjutnya di saring dan filtrat di ukur absorbansinya dengan spektromik.

b. Pengaruh konsentrasi

1 gram karbon aktif optimum di kontakkan dengan 25 mL larutan Rhodamin B konsentrasi 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 ppm. Kemudian di shacker dengan kecepatan 150 rpm selama waktu optimum. Selanjutnya di saring dan filtrat di ukur absorbansi dengan spektromik. Kemudian tentukan isoterm adsorpsi.

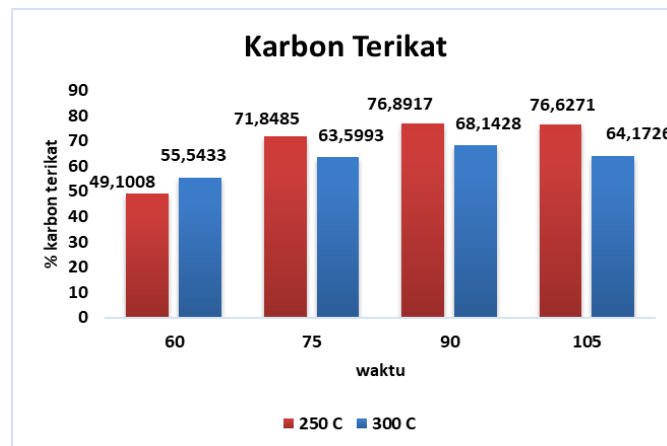
c. Perbandingan kualitas adsorpsi dengan karbon komersial
1 gram karbon aktif pelepeh kelapa sawit dan karbon aktif komersial (MERK CALGON) di kontakkan dengan 25 mL larutan Rhodamin B pada konsentrasi optimum. Kemudian di shacker dengan kecepatan 150 rpm selama waktu optimum. Selanjutnya di saring dan filtrat di ukur absorbansinya dengan spektromik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Suhu dan Waktu Optimum

Penentuan suhu dan waktu optimum karbonisasi bertujuan untuk mengetahui suhu dan waktu yang diperlukan dalam

proses karbonisasi untuk menghasilkan karbon dengan kadar karbon terikat tertinggi.



Gambar 1. Kadar karbon terikat

Gambar 1 menunjukkan suhu 250 °C memiliki kadar karbon terikat lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 300 °C, hal itu karena karbon telah mulai bereaksi dengan oksigen sehingga menguap akibat kenaikan suhu. Terdapat juga kecenderungan dimana kadar karbon meningkat sebelum waktu optimum yaitu 90 menit tercapai, tetapi setelahnya mengalami penurunan. Hal itu karena hampir seluruh senyawa non karbon mengurai menyisakan karbon, namun ketika pemanasan masih berlangsung, karbon akan bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ sehingga kadar karbon berkurang. Kadar C terikat tertinggi didapatkan pada suhu 250 °C selama 90 menit yaitu 76,8917 %.

B. Analisa Proksimat

Analisa proksimat bertujuan untuk melihat kualitas karbon aktif yang dihasilkan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif dan melihat pengaruh dari aktivasi ultrasonik. Analisa proksimat meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar C terikat dan daya serap iod.

Tabel 1. Karakteristik Karbon Aktif Berdasarkan Uji Proksimat

Waktu (Menit)	Jenis Uji				
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar zat mudah menguap (%)	Karbon Terikat (%)	Daya Serap Iod (mg/g)
SNI	15	10	25	65	750
0	6,0176	7,1179	15,5484	76,8524	330,0680
5	6,5687	7,3493	15,2239	77,6582	710,3476
10	7,7877	5,6749	13,9574	80,3677	761,6953

15	6,9686	4,2483	16,0620	79,6897	773,1537
20	6,3687	6,5974	13,5259	79,8767	798,5030
25	6,9558	6,9993	15,3469	77,6538	774,0807
30	6,2669	4,2096	14,8996	80,8909	799,1410

Kadar air dipengaruhi oleh afinitas karbon aktif terhadap kelembaban. Pengujian kadar air menunjukkan, kadar air meningkat setelah proses aktivasi ultrasonik. Hal itu karena sifat higroskopis karbon aktif meningkat seiring dengan bertambahnya porositas baru setelah aktivasi dan meningkatkan daya adsorpsi karbon aktif [9]. Kadar air terendah terdapat pada karbon sebelum aktivasi dan yang tertinggi pada waktu ultrasonik 10 menit yaitu 7,7877 % dan telah memenuhi SNI No.06-3730-1995.

Pengujian kadar abu bertujuan mengetahui banyak abu yang terdapat pada karbon aktif setelah tahap karbonisasi dan aktivasi. Analisa kadar abu menunjukkan kadar abu cenderung menurun setelah proses aktivasi ultrasonik. Energi dari ultrasonik dapat memperbesar ukuran pori-pori dan memutuskan interaksi van der Waals karbon terhadap abu menyebabkan abu keluar dari pori karbon, sehingga kadar abu berkurang [10]. Kadar abu terendah telah memenuhi SNI No.06-3730-1995, didapatkan pada karbon aktif dengan waktu ultrasonik 30 menit sebesar 4,2096 %.

Kadar zat mudah menguap merupakan persentase zat non karbon yang tak menguap pada tahap karbonisasi, tetapi dapat menguap pada temperatur sedikit diatas suhu karbonisasi. Zat ini umumnya berupa senyawa hidrokarbon. Pengujian kadar zat menguap menunjukkan kadar zat menguap cenderung menurun setelah proses aktivasi ultrasonik. Energi dari kavitas akustik ultrasonik dapat memperbesar ukuran pori dan memutuskan ikatan hidrogen antara situs aktif karbon dengan senyawa hidrokarbon pada permukaan karbon aktif [11]. Sehingga zat-zat tersebut dapat keluar dan kadar zat menguap berkurang. Kadar zat menguap terendah telah memenuhi SNI No.06-3730-1995, didapatkan pada karbon aktif dengan waktu ultrasonik 20 menit sebesar 13,5259 %.

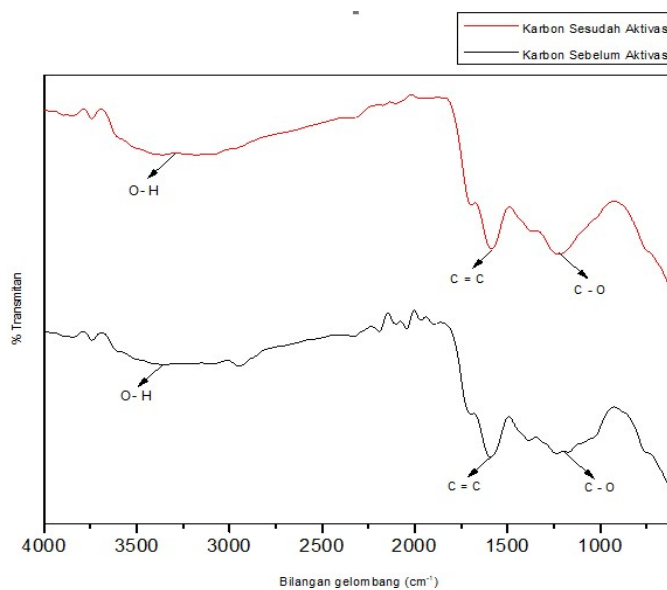
Kadar karbon terikat adalah karbon yang terkandung pada karbon aktif setelah tahap karbonisasi dan aktivasi. Kadar karbon terikat dihitung berdasarkan nilai kadar abu dan kadar zat menguap [12]. Perhitungan menunjukkan kadar karbon cenderung meningkat setelah aktivasi karena kadar abu dan kadar zat menguap yang menurun yang menurun setelah aktivasi. Kadar karbon terikat tertinggi didapatkan sebesar 80,8909 % pada aktivasi ultrasonik 5 menit dan telah memenuhi SNI No.06-3730-1995.

Daya serap iod merupakan kemampuan karbon aktif dalam menyerap iod. Semakin tinggi daya serap iod juga menandakan semakin banyak porositas pada karbon aktif, sehingga daya serap iod adalah acuan utama dalam melihat kualitas adsorpsi karbon aktif. Pengujian daya serap iod menunjukkan daya serap iod meningkat setelah aktivasi dan cenderung naik seiring dengan semakin lama proses aktivasi ultrasonik. Penyebabnya yaitu kavitas akustik ultrasonik yang

menghasilkan energi yang dapat memperbesar dan membentuk porositas baru pada karbon aktif [13]. Daya serap iod tertinggi didapatkan pada ultrasonik 30 menit sebesar 799,1410 mg/gram dan telah memenuhi SNI No.06-3730-1995.

C. Analisa FTIR

Analisa FTIR bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi yang ada pada karbon sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi, yang dilakukan pada 4000–600 cm⁻¹.



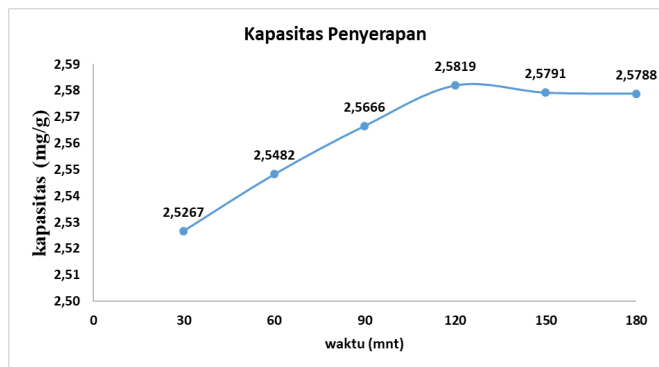
Gambar 1. Spektra FTIR karbon pelepah sawit

Spektra FTIR karbon pelepah kelapa sawit menunjukkan terdapat gugus –OH karboksil pada bilangan gelombang 2948,85–3177,40 cm⁻¹, kemungkinan berasal dari uap air, selulosa dan lignin. Pada bilangan gelombang 1532,95–1585,62 cm⁻¹ menunjukkan adanya C=C aromatis yang merupakan komponen penyusun karbon aktif [14]. Terdapat juga gugus C–O stretching di bilangan gelombang 1226,91–1236,57 cm⁻¹ yang berasal dari lignin. Gugus ini juga menandakan proses karbonisasi tak sempurna [15]. Pergeseran bilangan gelombang pada karbon sebelum dan sesudah aktivasi, menandakan karbon berlanjut pada proses aktivasi. Makin berkurangnya puncak pada daerah sekitar 2000 cm⁻¹ menunjukkan mulai sempurnanya aktivasi

D. Adsorpsi terhadap Rhodamin B

1. Waktu kontak optimum

Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam mencapai kesetimbangan adsorpsi Rhodamin B oleh karbon aktif pelepah sawit.

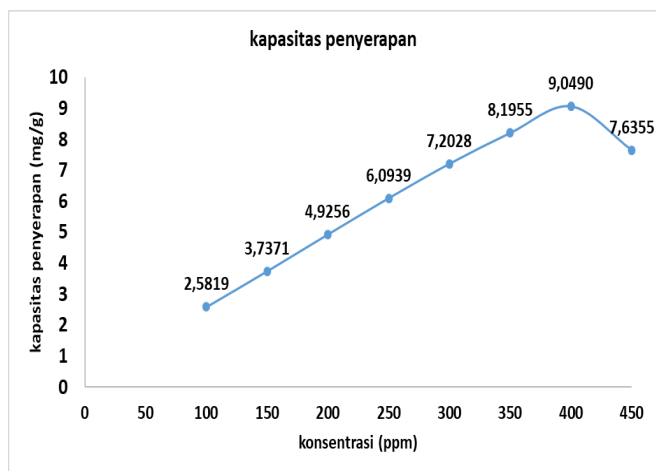


Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan

Gambar 2 menunjukkan kapasitas penyerapan cenderung meningkat sampai waktu optimum 120 menit dengan kapasitas penyerapan optimum 2,5819 mg/g. Hal ini karena adsorbat Rhodamin B memerlukan waktu untuk mencapai porositas yang terdapat pada karbon aktif, sehingga kapasitas penyerapan meningkat seiring dengan lamanya waktu yang diberikan [16]. Namun setelah melewati waktu optimum kapasitas penyerapan menurun, karena telah tercapainya kesetimbangan dan porositas yang telah jenuh, sehingga tak mampu lagi menyerap adsorbat yang tersisa.

2. Pengaruh konsentrasi

Uji pengaruh konsentrasi bertujuan untuk melihat hubungan antara konsentrasi dari larutan Rhodamin B terhadap kapasitas penyerapan karbon aktif pelepah sawit.

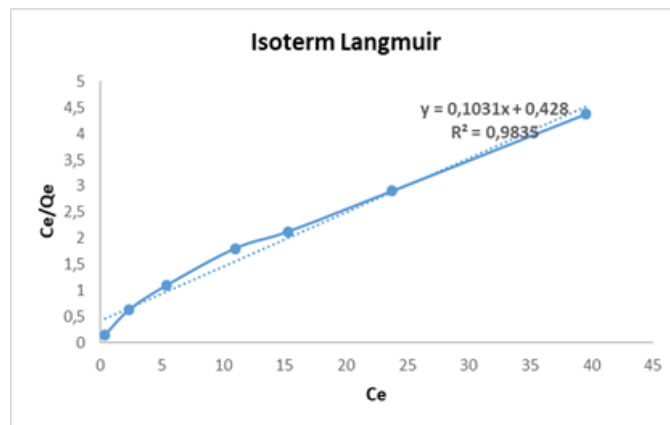


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap kapasitas penyerapan

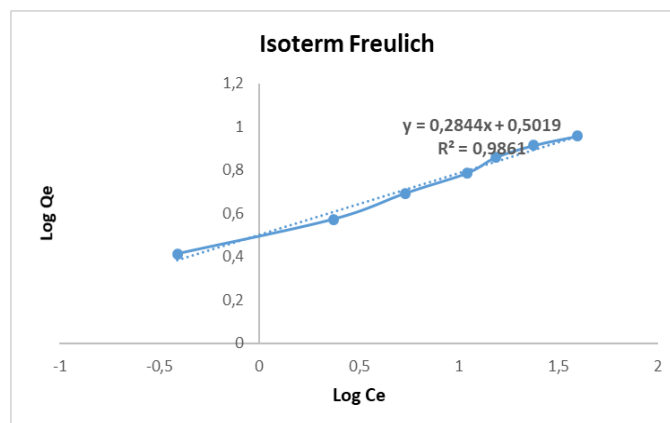
Berdasarkan gambar 3, kapasitas penyerapan cenderung meningkat sampai konsentrasi optimum 400 ppm dengan kapasitas penyerapan optimum 9,0490 mg/g. Hal ini karena semakin banyaknya partikel adsorbat yang terserap ke porositas karbon aktif akibat semakin pekatnya larutan, sehingga kapasitas penyerapan meningkat seiring dengan semakin pekatnya konsentrasi larutan [17]. Namun setelah melewati konsentrasi optimum kapasitas penyerapan menurun karena tercapainya kesetimbangan dan porositas karbon aktif yang telah jenuh, sehingga tak mampu lagi menyerap adsorbat yang tersisa.

3. Isoterm adsorpsi

Isoterm adsorpsi digunakan untuk melihat mekanisme yang terjadi ketika Rhodamin B teradsorpsi pada karbon aktif pelepah sawit sampai terjadinya kesetimbangan melalui persamaan langmuir dan freundlich.



Gambar 4. Isoterm Langmuir

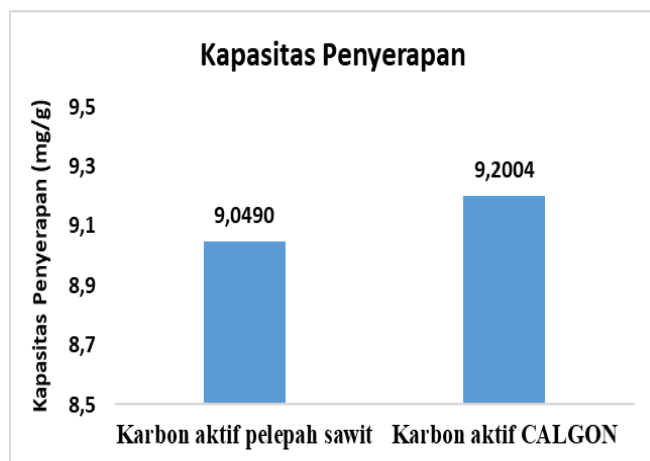


Gambar 5. Isoterm Freundlich

Gambar 4 dan 5 menunjukan nilai koefisien korelasi dari persamaan Langmuir 0,9835 dan persamaan Freundlich 0,9861. Hal ini menunjukkan mekanisme adsorpsi karbon aktif dari pelepah sawit terhadap Rhodamin B lebih cenderung mengikuti persamaan Freundlich karena nilai R² yang lebih mendekati 1. Isoterm Freundlich merupakan proses adsorpsi fisika dan merupakan adsorpsi heterogen dengan asumsi tidak semua permukaan dari karbon aktif memiliki daya serap yang sama [18]. Hal ini juga menyatakan bahwa Rhodamin B yang terserap membentuk lapisan lapisan (multilayer).

4. Perbandingan kualitas dengan karbon aktif komersial.

Uji perbandingan kualitas bertujuan untuk melihat kualitas dari karbon aktif pelepah sawit dan karbon aktif CALGON berdasarkan kapasitas adsorpsi terhadap Rhodamin B. Pengujian ini dilakukan pada konsentrasi optimum 400 ppm dan lama waktu kontak 120 menit.



Gambar 6. Perbandingan kapasitas penyerapan

Gambar 6 menunjukkan karbon aktif calgon memiliki kapasitas penyerapan Rhodamin B yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif pelepah sawit yaitu sebesar 9,2004 mg/g sedangkan karbon aktif pelepah sawit sebesar 9,0490 mg/g. Hal itu karena karbon aktif calgon memiliki situs aktif dan porositas yang lebih tinggi sehingga kapasitas penyerapan lebih tinggi dibandingkan karbon aktif pelepah kelapa sawit [19].

IV. KESIMPULAN

1. Karbon aktif pelepah sawit optimum dihasilkan pada aktivasi ultrasonik selama 30 menit dan telah memenuhi SNI No.06-3730-1995.
2. Karbon aktif pelepah sawit memiliki gugus fungsi -OH, C=C, dan C-O berdasarkan karakterisasi FTIR.
3. Kapasitas optimum karbon aktif pelepah sawit terhadap Rhodamin b adalah 9,0490 mg/g pada konsentrasi 400 ppm selama 120 menit dan mengikuti persamaan Freundlich.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak dosen pembimbing dan tim penelitian yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel ini. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terimakasih kepada bapak dan ibu analis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas fasilitas dan dukungannya.

REFERENSI

1. Zainol, M.M., N.A.S. Amin, And M. Asmadi, *Preparation And Characterization Of Impregnated Magnetic Particles On Oil Palm Frond Activated Carbon For Metal Ions Removal*. Sains Malaysiana, 2017. 46(5): P. 773-782.
2. Liew, R.K., Et Al., *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, 2018. 44(6): P. 3849-3865.

3. Askalany, A.A., Et Al., *A Review On Adsorption Cooling Systems With Adsorbent Carbon*. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 2012. 16(1): P. 493-500.
4. Islam, M.A., Et Al., *Mesoporous Activated Coconut Shell-Derived Hydrochar Prepared Via Hydrothermal Carbonization-Naoh Activation For Methylene Blue Adsorption*. Journal Of Environmental Management, 2017. 203: P. 237-244.
5. Dąbrowski, A., Et Al., *Adsorption Of Phenolic Compounds By Activated Carbon—A Critical Review*. Chemosphere, 2005. 58(8): P. 1049-1070.
6. Milenković, D., P. Dašić, And V. Veljković, *Ultrasound-Assisted Adsorption Of Copper (Ii) Ions On Hazelnut Shell Activated Carbon*. Ultrasonics Sonochemistry, 2009. 16(4): P. 557-563.
7. Buhori, A., A. Zulys, And J. Gunlazuardi. *Synthesis Of Lanthanum Metal-Organic Frameworks (La-Mofs) As Degradation Photocatalyst Of Rhodamine-B*. In *Aip Conference Proceedings*. 2020. Aip Publishing Llc.
8. Purnamawati, K.Y., I.B. Suyasa, And I. Mahardika, *Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah Dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman*. Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal Of Environmental Science), 2015. 9(2): P. 46-51.
9. Pambayun, G.S., Et Al., *Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Zncl2 Dan Na2co3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah*. Jurnal Teknik Its, 2013. 2(1): P. F116-F120.
10. Zawawi, N.M., *Characterization Of Activated Carbon Using Chemical Activation Via Microwave Ultrasonic System*. Malaysian Journal Of Analytical Sciences, 2017. 21(1): P. 159-165.
11. Labannia, A., N. La Hasan, And M. Maming, *Synthesis And Characterization Of Nanoporous Carbon From Sugarcane Bagasse (Saccharum Officianarum) With Zncl2 Activator By Ultrasonic Irradiation As Electrochemical Energy Storage Material*. Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta), 2015. 8(1): P. 42-51.
12. Lipi, P.D.D.I.I., *Manfaat Karbon Aktif Dalam Dunia Industri Sumber*. 1997, Lipi.
13. Surest, A.H., J.F. Kasih, And A. Wisanti, *Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator Dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri*. Jurnal Teknik Kimia, 2008. 15(2).
14. Maulina, S. And M. Iriansyah. *Characteristics Of Activated Carbon Resulted From Pyrolysis Of The Oil Palm Fronds Powder*. In *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*. 2018. Iop Publishing.
15. Sari, M.F.P., P. Loekitowati, And R. Moehadi, *Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Dari Industri Songket*. Journal Of Natural Resources And Environmental Management, 2017. 7(1): P. 37-40.
16. Ngapa, Y.D. And Y.E. Ika, *Optimasi Adsorpsi Kompetitif Pewarna Biru Metilena Dan Metil Oranye Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Ende-Nusa Tenggara Timur (Ntt)*. Indonesian Journal Of Chemical Research, 2020. 8(2): P. 151-158.
17. Suhud, I., V.M. Tiwow, And B. Hamzah, *Adsorpsi Ion Kadmium (Ii) Dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar Dan Batang Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk)(Adsorption Of Cadmium (Ii) Ion From Its Solution By Using Biomass Of Roots And Stems' Water Spinach (Ipomoea Aquatic Forsk))*. Jurnal Akademika Kimia, 2012. 1(4).
18. Kasih, T.S.D., M. Taufik, And M. Khair, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis) Menggunakan Ultrasonik*. Periodic, 2020. 9(2): P. 60-64.
19. Alfiany, H., S. Bahri, And N. Nurakhirawati, *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam*. Natural Science: Journal Of Science And Technology, 2013. 2(3).