

Bidang: Teknik dan Analisis Kimia Mineral Topik: Kimia Analisis, Kimia Mineral & Kimia Terapan

EFEKTIVITAS ADSORPSI FENOL MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI AMPAS TEBU

Mardhiyah Nadir¹, Mustafa², dan Zhafirah Zanetti Rahmaniar³
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
mardhiyahnadir28@gmail.com¹

ABSTRAK

Konsumsi gula selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini berpengaruh pada potensi jumlah limbah pertanian seperti ampas tebu yang berlimpah, mengingat bahan baku dari pembuatan gula adalah tanaman tebu. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif pada proses adsorpsi fenol. Fenol adalah salah satu komponen yang terkandung dalam limbah cair. Fenol merupakan zat kristal tidak berwarna dengan bau yang khas. Senyawa fenolik ditemukan pada limbah cair dari industri pulp dan kertas sebagai senyawa toksik dan pencemaran lingkungan. Pembuangan limbah yang tidak diolah dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi manusia hewan dan sistem air. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui waktu adsorpsi terbaik dan untuk menentukan model isotherm adsorpsi yang sesuai pada adsorpsi fenol menggunakan arang aktif dari ampas tebu. Arang aktif diperoleh dari hasil karbonisasi pada suhu 300°C selama 2,5 jam dan diaktivasi menggunakan aktivator natrium karbonat (Na₂CO₃ 5 %). Larutan fenol diadsorpsi menggunakan arang aktif massa 1 gram dengan variabel waktu adsorpsi (90, 120, 150 dan 180 menit). Penentuan konsentrasi fenol terlarut menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi terbesar arang aktif pada waktu 150 menit yaitu sebesar 47,988 mg/g. Adsorpsi fenol menggunakan arang aktif dari ampas tebu mengikuti persamaan isotherm Langmuir.

Kata kunci: Adsorpsi, ampas tebu, arang aktif, fenol, isotherm adsorpsi

ABSTRACT

Consumption of sugar always increases from year to year. This effects on the potential for the amount of agricultural waste such as abundant bagasse, considering that the raw material for making sugar is the sugar cane plant . Bagasse contains cellulose so that it can be used as an ingredient for making activated charcoal in the phenol adsorption process. Phenol is one of the components contained in liquid waste. Phenol is a colorless crystalline substance with a characteristic odor. Phenolic compounds are found in liquid waste from the pulp and paper industry as toxic compounds and environmental pollution. Disposal of untreated waste can pose serious health risks to humans, animals and water systems This research was conducted to determine the best adsorption time and to determine the appropriate adsorption isotherm model for phenol adsorption using activated charcoal from sugarcane bagasse. Activated charcoal is obtained from carbonization at 300°C for 2.5 hours and activated using sodium carbonate (Na₂CO₃ 5 %) activators. Phenol solution was adsorbed using activated charcoal with a mass of 1 gram with variable adsorption times (90, 120, 150 and 180 minutes). Determination of dissolved phenol concentrations using UV-Vis spectrophotometry. The results showed that the greatest adsorption capacity for activated charcoal with 5% Na₂CO₃ activator at an interval of 150 minutes was 47.988 mg/g. Phenol adsorption using activated charcoal from bagasse follows the Langmuir isotherm equation.

Keywords: Activated charcoal, adsorption, adsorption isotherm, bagasse, phenol

PENDAHULUAN

Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemerahan atau ekstraksi batang tebu. Proses ekstraksi dalam satu kali menghasilkan ampas tebu sekitar 35-40%. Serat ampas tebu mengandung selulosa dengan gugus aktif karboksil dan lignin yang terdiri dari gugus fenolat. Komposisi kimia ampas tebu adalah selulosa 37,65%, lignin 22,09%, pentosan 27,97%, SiO₂ 3,01%, abu 3,82% dan sari 1,81% [1]. Adanya kandungan selulosa dan lignin pada

ampas tebu berpotensi untuk dikonversi menjadi sumber karbon sehingga berperan penting pada proses adsorpsi [2]. Adsorpsi adalah salah satu metode menjerap logam dan zat/senyawa lain seperti fenol untuk menurunkan konsentrasinya dari air baku.

Arang aktif adalah zat yang paling umum digunakan dan merupakan adsorben yang sangat efisien. Arang aktif telah terbukti efektif untuk menghilangkan senyawa organik meskipun sangat mahal [3]. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan yang dimiliki oleh arang aktif [4]. Adsorpsivitas dari arang aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel yang juga dapat ditingkatkan jika arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan kimia (aktivasi kimia) ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi (aktivasi fisika)[5]. Penelitian ini menggunakan Na_2CO_3 sebagai aktivator.

Fenol adalah salah satu komponen yang terkandung dalam limbah cair. Fenol merupakan zat kristal tidak berwarna dengan bau yang khas. Senyawa fenolik ditemukan pada limbah cair dari industri pulp dan kertas, limbah dari penyulingan minyak bumi, petrokimia, farmasi, pertambangan batubara, plastik, cat, kertas dan produk kayu sebagai senyawa toksik dan pencemaran lingkungan. Pembuangan limbah yang tidak diolah dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi manusia.

Penelitian [6] menggunakan arang aktif dari tempurung kelapa ,sebagai adsorben senyawa fenol dengan aktivator ZnCl_2 dan Na_2CO_3 , kapasitas optimum penjerapan fenol didapat pada arang aktif dengan aktivator Na_2CO_3 5% sebesar 220,751 mg fenol/g arang aktif dengan nilai daya serap iod sebesar 1599,72 mg/g dan arang aktif aktivator ZnCl_2 7,5% sebesar 171,233 mg fenol/g arang aktif dengan nilai daya serap iod sebesar 610,38 mg/g. Penelitian [2] menggunakan arang aktif dari ampas tebu untuk mengurangi kekeruhan, TDS (Total Dissolved Solid) dan kandungan Fe pada air gambut. Hasil dari penelitian ini nilai daya jerap iod sebesar 339 mg/g. Penelitian [1] mengaktivasi arang aktif dari ampas tebu dengan variasi suhu aktivasi (600°C , 700°C dan 800°C) selama 120 menit. Hasil terbaik didapatkan pada suhu aktivasi 800°C dengan daya jerap iod 509,50 mg/g.

Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Dimana X_m adalah berat zat yang diadsorpsi, m adalah berat adsorben dan C adalah konsentrasi zat. Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\log (X_m / m)$ terhadap $\log C$ akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $\log k$ dan kemiringan $1/n$, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

$$\frac{X_m}{m} = k \cdot C^{1/n} \quad (1)$$

$$\text{Log} \left(\frac{X_m}{m} \right) = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C \quad (2)$$

Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Dengan membuat kurva $m \cdot c / X_m$ terhadap C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi.

$$\frac{m \cdot c}{X_m} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a} \right) \cdot C \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan : Kaca arloji, corong, pipet volume 50 ml, pipet ukur 25 ml, cawan crucibel, labu ukur volume 500 ml dan 1000 ml, cawan porselin, gelas kimia 100 mL, 500 mL dan 1000 mL, neraca digital, erlenmeyer 250 mL, magnetic stirer, spatula, ayakan – 80 + 100 mesh, blender, furnace, oven, bulp, loyang dan pisau

Bahan yang digunakan : Aquades, ampas tebu, padatan fenol, indikator kanji, Na_2CO_3 (5 %) dan kertas saring.

Preparasi Ampas Tebu

Ampas tebu dicuci air bersih , kemudian dikeringkan selama 3 hari. Ampas tebu dipotong dengan ukuran ± 1 cm, lalu dihaluskan dengan blender hingga menjadi serbuk. Ampas tebu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Ampas tebu dikarbonisasi suhu 300°C selama 2,5 jam. Arang hasil karbonisasi diayak hingga ukurannya -100 + 120 mesh.

Aktivasi Arang Aktif

Arang ampas tebu ditimbang sebanyak 25 g, kemudian direndam ke dalam 250 ml aktivator Na_2CO_3 selama 24 jam. Arang aktif selanjutnya dicuci dengan aquadest secara berulang-ulang hingga pH nya mendekati netral. Arang aktif dipanaskan dengan furnace pada suhu 800°C selama 2 jam [1].

Pembuatan Larutan Fenol 300mg/L

Padatan fenol ditimbang 0,3 gram dan diencerkan dengan aquadest hingga tanda tera dalam labu ukur 1000 ml [9].

Proses Adsorpsi Fenol dengan Arang Aktif Na_2CO_3 5%

Arang aktif ditimbang sebanyak 1g dan ditambahkan larutan fenol dengan konsentrasi 300mg/L sebanyak 200 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* (variasi waktu adsorpsi masing-masing 90, 120, 150 dan 180 menit). Kemudian filtrat dipisahkan menggunakan corong dan kertas saring. Pengujian dilakukan dengan Spektrofotometri UV-Vis [9]

Penentuan Daya Jerap Iod (ASTM 1999)

Sampel arang aktif kering ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan larutan iod 0,1 N sebanyak 50 ml, sampel diaduk selama 15 menit. Campuran arang aktif dan iod disaring menggunakan corong dan kertas saring. Larutan Iod dipipet 10 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian larutan Iod dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat ($\text{N}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N hingga menjadi warna kuning muda, sebagai petunjuk digunakan indikator kanji 1% dan dititrasikan lagi hingga warna menjadi biru tepat hilang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik arang aktif ampas tebu

Analisis	Arang Ampas Tebu Tanpa Aktivasi	Arang AmpasTebu Aktivasi Na_2CO_3 5%	SNI
Kadar Air, (%)	7,97	5,95	Maks. 15
Kadar Abu, (%)	4,12	8,02	Maks. 10
Daya jerap I_2 , (mg/g)	570,024	897,4004	Min. 750

Tabel 2. Hasil Analisa Spektrofotometri UV-Vis pada Adsorpsi Fenol Variasi Waktu

Waktu Adsorpsi (menit)	Absorbansi	Rata-rata	Konsentrasi (mg/l)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Persentase (%)
90	0,938	0,8425	77,80	300	25,93
	0,747				
120	0,760	0,7625	69,85	300	23,28
	0,765				
150	0,649	0,664	60,06	300	20,02
	0,679				
180	0,678	0,732	66,82	300	22,27
	0,786				

Tabel 3. Data adsorpsi fenol dengan arang aktif ampas tebu variasi waktu adsorpsi

Waktu Adsorpsi (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	C teradsorp (mg/L)	W (mg/g)	Ce/W (g/L)	Log Ce	Log W
90	300	77,80	222,2	44,44	1,7506	1,891	1,6478
120	300	69,85	230,15	46,03	1,5175	1,8442	1,663
150	300	60,06	239,94	47,988	1,2516	1,7786	1,6811
180	300	66,82	233,18	46,636	1,4328	1,8249	16.687

Tabel 4. Hasil Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Aktivator	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
	q_{∞} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	N	K_F (mg/g)	R^2
Na ₂ CO ₃ 5%	35,4610	-0,06345	0,9993	-3,3750	161,6963	0,9969

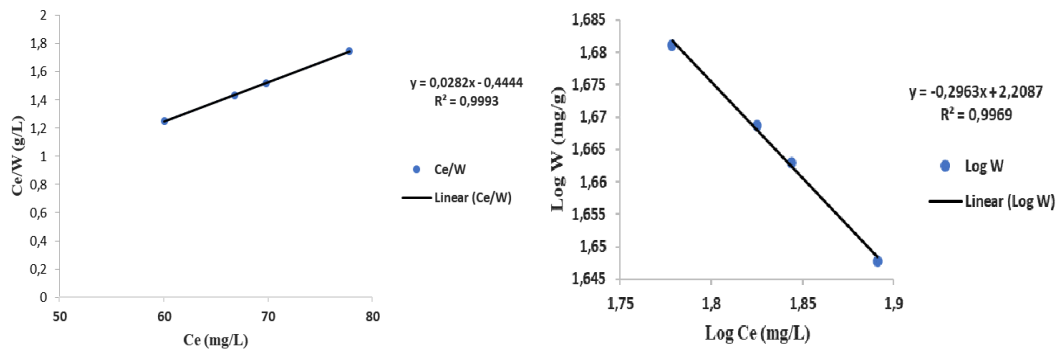
Proses karbonisasi ampas tebu pada suhu 300°C selama 2,5 jam bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur seperti oksigen dan hidrogen yang dapat menutupi pori-pori adsorben sehingga menghambat proses pengaplikasian. Arang diaktivasi dengan larutan Na₂CO₃ 5%. Pemanasan arang pada suhu 800°C selama 2 jam dengan tujuan untuk memperbesar pori-pori adsorben yang berperan sebagai sisi aktif dalam mengikat adsorbat [4]. Arang aktif yang didapat dianalisa rendemen, kadar air, kadar abu, daya serap terhadap iod, kapasitas adsorpsi dan analisa UV-Vis. Karakteristik arang aktif seperti kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap iod telah memenuhi SNI 1995 dan SII No. 0258-79 dengan standar daya serap terhadap iod sebesar 897,4004 mg/g (Tabel 1).

Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Fenol

Kemampuan biomassa ampas tebu sebagai adsorben dapat ditingkatkan dengan aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika bertujuan meningkatkan luas permukaan arang [10]. Proses aktivasi kimia dengan merendam arang dalam zat kimia untuk memutus rantai karbon dari senyawa organik [11]. Sifat fisik arang aktif yang memiliki pori-pori dapat menyerap adsorbat/fenol. Proses adsorpsi fenol menggunakan arang aktif dengan variasi waktu tidak berpengaruh besar terhadap kapasitas adsorpsi seperti tercantum pada Tabel 2. Waktu terbaik dalam penyerapan fenol dengan aktivator Na₂CO₃ 5% berada pada waktu 150 menit yaitu sebesar 47,988 mg/g. Hal ini terjadi karena pada waktu awal permukaan adsorben belum sepenuhnya jenuh, masih ada sisi aktif yang belum mengikat adsorbat. Selang waktu 150 menit, terjadi penurunan konsentrasi fenol karena pori-pori arang aktif bekerja secara maksimal dan telah mencapai kesetimbangan, anion fenolat berikatan dengan sisi aktif adsorben yang belum jenuh, sedangkan pada waktu 180 menit kemampuan untuk menyerap telah melampaui waktu jenuh yang menyebabkan sebagian anion fenolat yang telah terikat pada adsorben menjadi terlepas kembali.

Persamaan Isoterm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi digunakan untuk menunjukkan interaksi adsorbat dengan adsorben pada kesetimbangan [8]. Teori isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa ikatan antara adsorben dengan adsorbat pada lapisan multilayer terjadi karena gaya Van der Waals sehingga ikatannya tidak terlalu kuat sedangkan isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer yang ikatan adsorben dengan adsorbatnya cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia [12]



Gambar 1. Grafik Isotherm adsorpsi langmuir dan freundlich aktivator Na_2CO_3

Pada proses fisorpsi gaya yang mengikat antara adsorbat dan adsorben adalah gaya van der waals. Molekul yang terikat cenderung lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah. Sedangkan pada kemisorpsi partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (umumnya ikatan kovalen). Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika [13].

Pengujian pola isotherm adsorpsi yang sesuai untuk proses penyerapan fenol dengan arang aktif ampas tebu dilakukan dengan perhitungan persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* dimana sebelum membuat grafik terlebih dahulu menentukan nilai dari q_e , C_e/q_e , $\log q_e$ dan $\log C_e$ seperti yang terlihat pada Tabel 3. Teori Langmuir didasarkan pada prinsip kinetika dimana laju adsorpsi sama dengan laju desorpsinya jika kesetimbangan telah tercapai [14].

Gambar 1 menunjukkan adsorpsi fenol menggunakan arang aktif dari ampas tebu dengan aktivator Na_2CO_3 5% mengikuti persamaan isotherm Langmuir, hal tersebut dapat dilihat dari nilai linieritas yang tinggi yaitu 99,93% ($R^2 = 0,9993$). Teori isotherm Langmuir mengansumsikan bahwa adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia yang membentuk monolayer dan arang aktif yang digunakan mempunyai luas permukaan yang sangat besar sehingga molekul fenol dapat teradsorpsi hanya dengan membentuk satu lapisan [15].

KESIMPULAN

Proses adsorpsi fenol dengan arang aktif dari ampas tebu menggunakan variasi waktu adsorpsi memberikan pengaruh pada besarnya kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi terbesar pada waktu 150 menit yaitu sebesar 47,988 mg/g. Model isotherm adsorpsi yang terjadi pada molekul fenol menggunakan biosorben arang aktif dari ampas tebu adalah model isotherm Langmuir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Dasar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda sehingga penulis mengucapkan terima kasih atas fasilitas yang diberikan kepada Ka. Laboratorium Kimia Dasar dan Ketua Jurusan Teknik Kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harsusanti, H. (2018). Karakteristik Arang Aktif Ampas Tebu (Sacharum Officinarum, Linn.) Menggunakan Aktivasi Fisika Characteristic The Activated Charcoal Of Bagasse''''(Sacharumofficinarum, Linn.) Physial Activation (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- [2] Yoseva, P. L., Muchtar, A., & Sophia, H. (2015). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Peningkatan Kualitas Air Gambut. Jurusan Kimia, Kampus Bina Widya Pekanbaru. Vol. 02 No. 1 : 56-63
- [3] Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. Hal. 1- 91
- [4] Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33-42.
- [5] Esterlita, M. O., & Herlina, H. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl_2 , KOH , Dan H_3PO_4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata). Jurusan Teknik Kimia, USU. Vol.4 No. 1 : 47-52
- [6] Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. (2013). Pembuatan karbon aktif dari arang

tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1),F116-F120.

- [7] Amanda, D. (2020). Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Ion Logam Kobalt (II) Oleh Kitosan Dari Kulit Udang Windu (*Penaeus Monodon*) (*Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry*).
- [8] Pratiwi, A. B. (2016). Efektivitas Pemanfaatan Limbah Tulang Sapi Sebagai Adsorben Logam Cu (II) dalam Air (*Doctoral dissertation, UII*).
- [9] Arief, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak terhadap Penurunan Fenol (*Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*).
- [10] Anggraeni, I. S., & Yuliana, L. E. (2015). Pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan menggunakan aktivator seng klorida ($ZnCl_2$) dan natrium karbonat (Na_2CO_3) (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- [11] Sembiring, M.T. & Sinaga, T.S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan). Sumatera Utara: Fakultas Teknik, Sumatera Utara
- [12] Astuti, W. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. Semarang: UNNES PRESS.
- [13] Restu P, Anggit, dkk. "Penurunan Kadar Phenol dengan Memanfaatkan Bagasse Fly Ash dan Chitin sebagai Adsorben" (2009): h. 1-12.
- [14] Atkins, P. W. (1999). Kimia Fisika "ed ke-2 Kartahadiprojo Irma I, penerjemah Indarto Purnomo Wahyu, editor. Jakarta Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry
- [15] Zulfikar, M. A., Afrianiingsih, I., Bahri, A., Nasir, M., Alni, A., & Setiyanto, H. (2018, May). Removal of Humic Acid from Aqueous Solution Using Dual PMMA/PVDF Composite Nanofiber: Kinetics Study. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012202). IOP Publishing.