

KARBON AKTIF TERMODIFIKASI *NANOSILVER*

Wara Dyah Pita Rengga, Prima Astuti Handayani

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
email: wdpitar@mail.unnes.ac.id, prima4091@gmail.com

Abstract. Carbon was prepared from dried waste bamboo (*Dendrocalamus asper*) using chemical activation with KOH. The carbon was prepared with the activating agent in a mass ratio of KOH and dried bamboo (3:1) at 800°C. Using impregnation technique, the bamboo-based activated carbon has developed with modified Ag nanoparticle (Ag-AC) to capture formaldehyde. The Ag-AC has characteristics of moderate surface area of 685 m²/g and average pore size of 2.7 nm. The adsorption equilibriums and kinetics of formaldehyde on Ag-AC measured. The influences of initial formaldehyde on adsorption performance have measured in a batch system. The equilibrium data were evaluated by isotherm models of Langmuir, Freundlich, and Temkin. The Langmuir model well describes the adsorptive removal of formaldehyde on Ag-AC in this study. Pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic equations were applied to test the experimental data. The pseudo-second-order exhibited the best fit for kinetic study.

Keywords: Bamboo activated carbon, formaldehyde, non-linear isotherm, non-linear kinetics

PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan telah menjadi bidang yang menjadi perhatian karena terkait dengan kesehatan manusia secara langsung. Kualitas udara dalam ruangan yang memadai harus dijaga melalui mengendalikan konsentrasi ambien formaldehida yang dianjurkan. Formaldehida dengan tingkat tinggi dapat menyebabkan gejala seperti iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, sakit dada, bronkitis, dan jika berkepanjangan telah dikaitkan dengan berurangnya fungsi paru dan asma [1,2]. Metode umum yang digunakan untuk mengurangi udara yang tercemar, termasuk di dalamnya adalah metode adsorpsi [3], membran, penyerapan, dekomposisi plasma [4], dan oksidasi fotokatalitik [5] teknik. Mengingat adsorpsi memiliki metode yang menjanjikan untuk mengendalikan formaldehida konsentrasi rendah karena tekniknya yang sederhana dan membutuhkan energi yang rendah. Karbon aktif (KA) dari bambu (*Dendrocalamus asper*) adalah bahan yang sangat berpori dengan luas permukaan moderat dan yang paling banyak digunakan

sebagai adsorben. Oleh karena itu KA digunakan untuk menangkap polutan udara dalam ruangan pada suhu kamar dianggap layak secara ekonomis. Namun, KA adalah adsorben non-polar yang kadang-kadang menunjukkan selektivitas rendah dengan polutan udara yang polar. Dalam beberapa tahun terakhir, KA yang dimodifikasi dengan nanopartikel logam dianggap mempunyai potensial adsorpsi dan oksidasi proses katalitik karena peningkatan kapasitas untuk formaldehida. KA bambu diproduksi oleh agen activator dengan rasio massa KOH dan bambu kering (3: 1) di 800°C. Nanopartikel perak diadisi pada KA dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi untuk mengurangi kandungan formaldehida. Fakta menarik adalah bahwa nanopartikel Ag terdistribusi di KAKomersial berbasis batubara secara efektif menghilangkan formaldehida dari udara [6]. Perak juga memiliki penerapan yang tinggi untuk digunakan dalam mengontrol udara dalam ruangan karena fitur non-beracun [7]. Dalam studi ini, KA dimodifikasi dengan nanopartikel perak (KAK-Ag) untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi formaldehida. Hal ini penting untuk menentukan kemampuan adsorpsi KAK-Ag terhadap formaldehida dengan mengujinya menggunakan metode adsorpsidan mengevaluasinya pada keseimbangan dan kinetika adsorpsi isothermal

METODE

Bahan. KAK-Ag telah dilakukan sebagai metode Rengga ini [7]. Arang bambu dan KOH yang dicampur dengan 1: 3 dari perbandingan berat. Arang bambu direndam dalam larutan KOH adalah dihilangkan kadar airnya dipanaskan pada suhu 50°C dan diaduk sampai terbentuk bubur. Selanjutnya, bubur diaktivasi dalam pemanas listrik pada tingkat pemanasan 10°C/menit dan pada saat bersamaan mengalir gas nitrogen dengan laju 200 mL/menit. Proses aktivasi dilanjutkan hingga suhu 800°C dan dijaga selama 1 jam. Produk diaktifkan dicuci dengan HCl diikuti dengan membilasnya dengan air suling sampai pH mencapai 6. Karbon aktif dikeringkan pada 105°C dan digiling menjadi 200 mesh sebelum karakterisasi dan studi adsorpsi. .

Sintesis KAK-Ag disintesis dari karbon aktif bambu yang diadisi nanopartikel Ag dengan proses reduksi yang mengadopsi metode Gaedhi [8] dan dalam penelitian sebelumnya [7]. Sebanyak 4 mL 0,1 M AgNO₃ ditambahkan ke 1 L larutan 0,15% berat dari pati. Campuran diaduk secara cepat selama 1 jam pada kondisi atmosfer. Larutan yang dihasilkan kemudian ditambahkan larutan NaOH untuk mendapatkan pH sama dengan 8,0. Campuran dijaga pada suhu 50°C sampai perubahan larutan reaksi menjadi kuning. Langkah selanjutnya, nanopartikel perak dalam larutan dicampur dengan 107,9 g karbon aktif dengan pengadukan magnetik, sehingga dihasilkan pengendapan sekitar 4% berat dari nanopartikel perak pada KAK. KAK-Ag selanjutnya disaring kemudian dicuci dengan air suling dan dikeringkan pada 105°C sampai berat konstan. Tes adsorpsi dilakukan untuk menentukan jumlah penambahan KAK-Ag (0,5 g) untuk adsorpsi kapasitas formaldehida pada berbagai konsentrasi gas-fase. Tes dilakukan dalam 10

mL botol kaca dilengkapi dengan septum, dan selanjutnya botol terkocok pada 25°C selama 24 jam. Konsentrasi masuk dan keluar formaldehida dalam tes tumpak yang diambil menggunakan suntikangas 0,5 mL. Selanjutnya, sampel dianalisis segera dengan menggunakan kromatografi gas dilengkapi dengan detektor ionisasi nyala (GC/FID, Shimadzu GC-2014). Dalam percobaan, prosedur tes kinetik identik dengan kesetimbangan tes adsorpsi. Sampel diambil pada interval waktu yang sesuai. Setiap percobaan dilanjutkan sampai kondisi keseimbangan tercapai yaitu bila konsentrasi formaldehida yang diukur tidak ada penurunan lebih lanjut. Awalnya pada KAK-Ag tidak mengandung formaldehida, sehingga $C_0 = 0$. Selanjutnya, formaldehida terserap dihitung dengan menggunakan Persamaan. 1.

$$q_e = (V (C_0 - C_t)) / m \quad (1)$$

dimana q_e adalah formaldehida teradsorpsi pada kesetimbangan [mg/g]; V adalah volume adsorbat [L]; m adalah massa dimodifikasi adsorben [g]. Nilai C_0 adalah konsentrasi formaldehida awalnya, dan C_t adalah konsentrasi formaldehida setelah adsorpsi pada saat kesetimbangan [ppm], masing-masing. Model yang tepat adalah hampir sama yang ditentukan pada adsorpsi formaldehida, data eksperimen diplotkan dengan persamaan model keseimbangan isothermal dan model kinetika. Nilai parameter persamaan diperoleh dengan menggunakan analisis regresi non-linear. Koefisien korelasi (R^2) dari nilai-nilai yang sesuai, juga dilaporkan untuk masing-masing model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

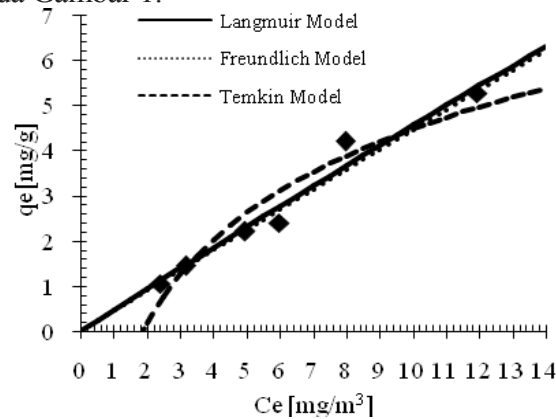
Karakteristik pori ditunjukkan pada Tabel 1. Metode BET untuk mengetahui luas permukaan sedangkan metode BJH dengan ukuran rata-rata pori 685 m² / g dan 2,7 nm, masing-masing.

Tabel 1. Karakteristik Pori

Luas permukaan [m ² /g]	Diameter pori [nm]	V _{meso} [cm ³ /g]	V _{mikro} [cm ³ /g]
685	2,7	0,2009	0,0336

Dalam kesetimbangan isothermal, pengurangan formaldehida meningkat dengan peningkatan konsentrasi formaldehida awal. Formaldehida pada konsentrasi kesetimbangan diindikasikan sebagai kapasitas adsorpsi maksimal ditunjukkan pada Gambar. 1. Proses adsorpsi mencapai keadaan setimbang, terjadi ketika molekul mendistribusikan antara gas dan fase padat. Data formaldehida adsorpsi kesetimbangan dianalisis menggunakan Langmuir, Freundlich, dan Temkin isotherm, berdasarkan keseimbangan adsorpsi antara adsorbat dan adsorben. Model Langmuir menjelaskan adsorpsihanya satu lapisan dengan distribusi homogen baik energi

dan situs penyerapan model Freundlich menggambarkan energi distribusi adsorpsi untuk situs heterogen. The Temkin isotherm asumsi adalah panas adsorpsi semua molekul di KAK berkurang secara cakupan linear. Pengurangan formaldehida dari dalam ruangan sangat penting, yang harus dilakukan adalah optimasi sistem adsorpsi untuk membangun hubungan yang paling tepat dalam kurva kesetimbangan pada Gambar 1.



Gambar 1. Adsorpsi Formadehida pada KAK-Ag dengan Model Langmuir, Freundlich, and Temkin Models

Persamaan Isotermal Langmuir, Freundlich, dan Temkin dengan persamaannya dihadirkan pada Tabel 2. Di dalam Model Langmuir, Q_m adalah Kapasitas Adsorpsi maksimal pada permukaan lapisan pertama [mg/g], dan K_L adalah konstanta isotermal Langmuir [m³/g]. Di dalam model Freundlich, nilai K_F dan n adalah konstanta isotermal Freundlich dan intensitas adsorpsi. Nilai $1/n$ adalah sifat heterogen dari adsorben. Nilai $1/n$ lebih tinggi dari 1 merupakan proses adsorpsi yang disukai. Dala Model Temkin, $B = RT/b$, dan R adalah konstanta gas idel [8.314 J/K mol], dan T adalah suhu absolut [K]. Nilai BT adalah konstanta yang menghubungkan terhadap panas adsorpsi [m³/g], dan AT adalah konstanta kesetimbangan ikatan. Adsorpsi formaldehida pada KAK-Ag untuk isotermal Langmuir ditunjukkan pada kisaran studi dengan koefisien korelasi tinggi ($R^2 > 0.96$). Dengan demikian kesimpulan dari isotermal model Langmuir adalah isotermal yang terbaik untuk memprediksi adsorpsi formaldehida pada adsorben KAK-Ag. Hal ini dilaporkan bahwa KAK-Ag mempunyai kesesuaian yang relatif untuk kapasitas adsorpsi 157.223 mg/g dalam penelitian ini. Model Langmuir prediksi untuk konsentrasi formaldehida dari 50 mg/m³ menggunakan karbon berbasis batubara komersial 15,8 mg/g yang dekat dengan penelitian ini (21 mg/g). Konfirmasi data eksperimen untuk persamaan isotermal Langmuir membuktikan bahwa permukaan KAK-Ag untuk adsorpsi formaldehida terdiri situs homogen. Hasilnya dalam sesuai dengan para peneliti sebelumnya untuk adsorpsi polutan menggunakan karbon aktif yang dibuat dari arang tulang.

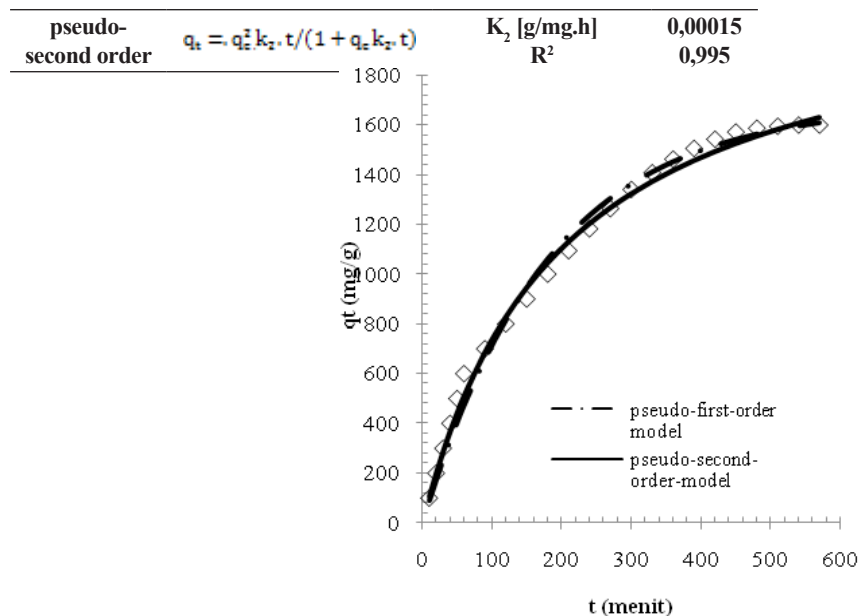
Tabel 2. Parameter dari Konstanta Isotermal dan R² untuk Adsorpsi Formaldehida pada KAK-Ag

Model	Non-linear equation	Parameter	Value
Langmuir	$q_e = \frac{Q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}$	Q_m [mg/g]	157,223
		K_L ([m ³ /mg])	0,0030
		R^2	0,966
Freundlich	$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$	$1/n$	1,005
		K_F [mg/g][m ³ /mg] ^{1/n}	0,466
		R^2	0,962
Temkin	$q_e = \left(\frac{RT}{b_T}\right) \cdot \ln(A_T \cdot C_e)$	$\left(\frac{RT}{b_T}\right)$ [J/mol]	2,668
		A_T [m ³ /mg]	0,536
		R^2	0,925

Kinetika adsorpsi formaldehida pada KAK-Ag diselidiki dengan menggunakan pseudo-orde pertama dan model pseudo-orde kedua. Pseudo-orde pertama dan pseudo orde kedua model kinetik terdiri dari parameter k_1 , k_2 , dan R^2 yang disajikan pada Tabel 3. Nilai k_1 adalah konstanta laju adsorpsi (1/h) dan k_2 adalah konstan laju orde kedua adsorpsi (g/mg.h). Nilai-nilai q_e dan q_t adalah jumlah formaldehida teradsorpsi pada kesetimbangan dan waktu [mg/g], masing-masing. Hal ini dapat dilihat bahwa nilai-nilai R^2 yang diperoleh tidak tren konsisten di formaldehida rendah konsentrasi awal untuk model pseudo-orde pertama. Model pseudo-orde kedua memprediksi perilaku rentang konsentrasi adsorpsi. Antara eksperimental dan nilai-nilai q_e dihitung (Gambar. 2) memiliki perjanjian yang baik. Selain itu nilai q_e eksperimental setuju dengan nilai-nilai q_e diperkirakan diperoleh dari non-linear. Diperoleh bahwa koefisien korelasi nilai $R^2 = 0,995$ untuk model kinetik orde kedua, jelas bahwa adsorpsi mengikuti model ini. Nilai R^2 mendekati dengan nilai satu, menunjukkan bahwa KAK-Ag dilengkapi dengan baik untuk model ini untuk adsorpsi formaldehida. Di antara model ini, kriteria untuk penerapan didasarkan pada penilaian pada masing-masing R^2 dengan nilai-nilai yang tinggi menunjukkan bahwa kinetik pengganti formalin adsorpsi mengikuti model pseudo-orde kedua. Hasil pekerjaan yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya untuk adsorpsi polutan formaldehida menggunakan karbon aktif yang dibuat dari arang tulang. Wu *et al.* (2009) melaporkan bahwa model semu orde kedua yang cocok untuk adsorpsi adsorbat dengan berat molekul rendah pada partikel adsorben yang lebih kecil seperti yang dijelaskan untuk pekerjaan ini.

Tabel 3. Parameter Kinetik untuk Adsorpsi Formaldehida pada KAK-Ag

Model Kinetik	Persamaan Non-linear	Parameter	Nilai
Pseudo-first-order	$q_t = q_e [1 - \exp(-k_1 t)]$ $q_t = q_e [1 - \exp(-k_2 t)]$	K_1 [1/h]	0,333
		R^2	0,991



Gambar 2 Pseudo-first-order dan pseudo-second-order kinetik diplot untuk adsorpsi formaldehidaadsorpsi pada KAK-Ag

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penyelidikan ini menunjukkan bahwa konsentrasi rendah formaldehida oleh karbon aktif kimia bambu dimodifikasi dengan nanopartikel Ag merupakan adsorpsi efektif. Dalam kondisi kesetimbangan, adsorpsi menggunakan karbon aktif yang dimodifikasi oleh nanopartikel Ag yang sesuai adalah Model isothermal Langmuir serta Freundlich, dan Temkin model. Model keseimbangan isothermal adsorpsi Langmuir yang cocok adalah model monolayer, dengan kapasitas adsorpsi 157,223 mg/g. Kinetika adsorpsi formaldehida menggunakan karbon aktif dimodifikasi, penggunaan model pseudo-orde kedua lebih tepat daripada pseudo-orde pertama model.

DAFTAR PUSTAKA

- C.M. Thompson, R.P. Subramaniam and R.C. Grafstrom: Toxicol. Appl. Pharmacol Vol. 233 (2008), p. 355
- P. Chin, L.P. Yang and D.F. Ollis: J. Catal. Vol. 237 (2006), p. 29
- S. Kumagai, K. Sasaki, Y. Shimizu and K. Takeda: Sep. Purif. Technol. Vol. 61 (2008), p. 398
- L. Fang, G. Zhang and A. Wisthaler: Indoor Air Vol. 18 (2008), p. 375
- N. An, Q. Yu, G. Liu, S. Li, M. Jia and W. Zhang: J. Hazard. Mater. Vol. 186 (2011), p. 1392
- S. K. Shin and J. H. Song: J. Hazard. Mater. Vol. 194 (2011), p. 385

W.D.P. Rengga, M. Sudibandriyo and M. Nasikin: IJCEA Vol. 4,(2013), p. 334.
M. Ghaedi, M.N. Biyareh, S.N. Kokhdan, S. Shamsaldini, R. Sahraei, A. Daneshfar and S. Shahriyar: Mater. Sci. Eng Vol. C32 (2012), p. 725
A. Rezaee, H-A Rangkooy, A. Khavanin, A. Jonidi-Jafari, R.D.C. Soltani and A. Nili-Ahmadabadi: IJCEA Vol. 2 (2011), p. 423.
F.C. Wu, R.L. Tseng, S.C. Huang and R.S. Juang: Chem. Eng. J. Vol. 151 (2009), p. 1