

KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI : PEMBUATAN DAN KAPASITASNYA UNTUK ADSORPSI LARUTAN ASAM ASETAT

Hesti Wijayanti¹

Abstract - Activated carbons prepared from rice husks, an agricultural waste by product, have been examined for the removal of acetic acid from aqueous solutions. The activated carbon was prepared by physical activation. The results show that the Freundlich isotherm model were well fitted rather than Langmuir model. They also indicate that the sorption of acetic acid is depend on the stirrer velocity as well as on the particle size of the activated carbons.

Keywords: activated carbon, rice husks, acetic acid solutions, physical activation

PENDAHULUAN

Senyawa kimia menempati peran penting dalam industri, khususnya industri kimia. Senyawa kimia digunakan dalam industri baik sebagai bahan baku utama yang diolah menjadi produk maupun sebagai bahan pembantu dalam proses produksi, misalnya sebagai bahan pelarut, katalisator, bahan pencuci dan sebagainya. Penggunaan senyawa tersebut tentunya akan menghasilkan limbah industri, baik yang telah bereaksi dengan senyawa lain menghasilkan senyawa turunannya maupun yang terikut dalam aliran limbah. Penanganan limbah industri yang tidak sesuai standar mutu lingkungan dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Cara untuk menangani limbah industri, khususnya limbah kimia yang biasanya terikut dalam aliran limbah adalah dengan prinsip pemisahan. Dalam prinsip pemisahan, senyawa kimia yang berbahaya dipisahkan terlebih dulu dari aliran limbah sebelum dibuang ke lingkungan dengan metode tertentu. Salah satu cara yang sering digunakan dalam pemisahan adalah dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut. Dalam operasi ini molekul-molekul yang terembunkan tadi disebut adsorbat dan permukaan kontakannya disebut adsorben.

Salah satu jenis adsorben yang sering digunakan adalah karbon aktif, yaitu bahan yang mengandung karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan cara aktivasi. Kebutuhan dunia akan karbon aktif cenderung mengalami peningkatan setiap tahun. Karbon aktif bisa dibuat dari bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon, antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara.

Melalui penelitian ini dapat diketahui karakteristik karbon aktif dari sekam padi yang dibuat dengan aktivasi fisika selain itu juga kemampuannya dalam adsorpsi senyawa kimia yaitu larutan asam asetat dengan tinjauan dari pengaruh diameter karbon aktif dan kecepatan pengadukan dalam adsorpsi

¹ Staf Pengajar Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat, e-mail: hesti_pbun@yahoo.com

serta penggunaan model Isotherm Langmuir dan Freundlich untuk menganalisa kondisi kesetimbangan adsorpsinya.

KAJIAN TEORITIS

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi secara kimia atau fisika. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai karbon aktif.

Karbon aktif merupakan senyawa karbon *amorph*, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25- 1000% terhadap berat karbon aktif. (Sembiring dan Sinaga, 2003)

Kemampuan adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Sifat Adsorben

Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing- masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan karbon aktif bersifat non

polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis karbon aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing- masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna mau dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

4. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Singgung

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan.

Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. (Sembiring dan Sinaga, 2003)

METODE

1. Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam Padi
Sekam padi berjenis Siam Unus yang akan digunakan dibersihkan dari pengotornya dengan cara dicuci dengan aquadest. Setelah itu dihilangkan kandungan airnya dengan cara dehidrasi pada suhu 100°C selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan aktivasi secara fisika yaitu dengan cara dipanaskan dalam furnace pada suhu 600°C selama 3 jam. Karbon aktif yang dihasilkan dihaluskan kemudian diayak untuk memperoleh ukuran diameter partikel 605 µm, 427.5 µm, dan 302.5 µm.

2. Karakterisasi Karbon Aktif
Karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi fisika tersebut dianalisa kadar abu dan bulk density-nya.

- Kadar Abu

Analisa kadar abu dilakukan dengan cara sejumlah karbon aktif dimasukkan ke dalam krus porselin selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 800°C selama 24 jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat karbon kering. Setelah itu dipanaskan lagi dalam furnace pada suhu 650°C selama 3 jam. Kadar abu dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat Karbon keluar dari furnace}}{\text{Berat Karbon kering}} \times 100 \% \quad (1)$$

- Bulk Density

Sejumlah karbon aktif dimasukkan ke dalam wadah silinder yang sudah diketahui berat dan volumenya. Selanjutnya dipanaskan dalam oven bersuhu 80°C selama 24 jam (dinyatakan sebagai berat bahan kering). Bulk density dihitung dengan persamaan:

$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{Berat bahan kering (g)}}{\text{Volum silinder (L)}} \quad (2)$$

3. Persiapan Larutan Asam Asetat
Larutan asam asetat 0,5 N sebanyak 500 mL dibuat dengan cara mengencerkan 14,98 mL asam asetat glacial dengan aquadest di dalam labu takar 500 mL.
4. Persiapan Larutan NaOH
Larutan NaOH 0,2 N sebanyak 500 mL dibuat dengan cara menimbang 4 g NaOH teknis, selanjutnya mengencerkan dengan aquadest di dalam labu takar 500 mL.
5. Pengujian Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Larutan Asam Asetat
Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan 2,5 g karbon aktif berukuran 605 µm, 427.5 µm dan 302.5 µm ke dalam gelas beaker yang berisi 50 mL larutan asam asetat 0,5 N. Kemudian diaduk dengan kecepatan konstan (400, 500 dan 600 rpm) selama waktu yang telah ditetapkan (30 – 180 menit). Setelah waktu yang diinginkan tercapai, campuran disaring dengan kertas saring, filtratnya dititrasi dengan NaOH 0,2 N untuk mengetahui jumlah asam asetat yang diserap oleh karbon aktif. Konsentrasi asam asetat yang terserap dalam karbon aktif dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (3)$$

Dengan C_0 dan C_e adalah konsentrasi larutan asam asetat pada awal dan kesetimbangan. Sedangkan V adalah volum larutan dan W adalah berat karbon aktif yang digunakan.

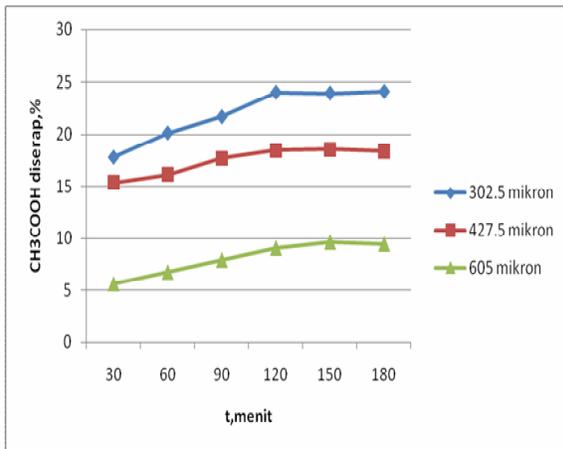
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Karbon Aktif
Karbon aktif dari sekam padi yang diaktivasi secara fisika yang dihasilkan dalam percobaan ini memiliki kadar abu 33 % dan bulk density 0,27 g/L
2. Pengaruh Waktu Kontak Karbon Aktif (Adsorben) dengan Larutan Asam Asetat (Adsorbat) Terhadap Kinerja Karbon Aktif

Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan pengaruh waktu kontak karbon aktif terhadap kemampuan adsorpsinya. Semakin lama waktu adsorpsi, asam asetat yang dapat diserap semakin besar. Pada awalnya, kecepatan adsorpsi meningkat secara linier, namun mendekati waktu 150 menit, asam asetat yang diserap mulai konstan. Hal ini menunjukkan keadaan kesetimbangan telah tercapai.

3. Pengaruh Diameter Partikel Karbon Aktif Terhadap Kinerja Karbon Aktif

Pengaruh diameter partikel karbon aktif terhadap kemampuan adsorpsi karbon aktif dapat dilihat dalam gambar . Konsentrasi asam asetat yang diserap oleh partikel karbon aktif yang lebih kecil (ukuran diameter 302.5 μm) relatif lebih besar dibandingkan partikel yang berukuran lebih besar (ukuran diameter 427.5 μm dan 605 μm). Hal ini disebabkan partikel yang lebih kecil memiliki luas penampang yang lebih besar sehingga transfer massa asam asetat dari larutan ke permukaan karbon aktif berlangsung lebih mudah.

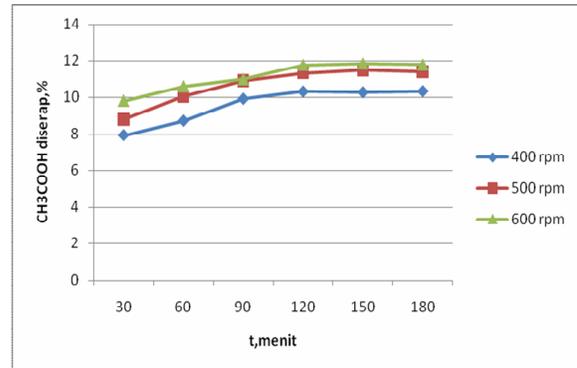


Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi Asam Asetat yang diserap pada berbagai variasi ukuran partikel Karbon Aktif

4. Pengaruh Kecepatan Putar Pengadukan Terhadap Kinerja Karbon Aktif

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kemampuan adsorpsi karbon aktif dapat dilihat dalam gambar . Semakin besar

kecepatan pengadukan, konsentrasi ASAM ASETAT yang diserap oleh partikel karbon aktif juga semakin besar. Hal ini disebabkan adanya pengadukan meningkatkan kecepatan transfer massa asam asetat dari larutan ke permukaan karbon aktif. Selain itu, pengadukan memperbesar kesempatan partikel karbon aktif untuk kontak lebih lama dengan larutan.



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi asam asetat yang diserap pada berbagai variasi kecepatan pengadukan

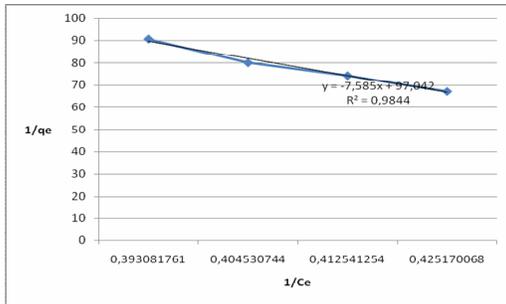
5. Isotherm Adsorpsi

Keadaan kesetimbangan adsorpsi asam asetat dengan menggunakan karbon aktif dapat dinyatakan secara matematis dengan isotherm adsorpsi. Ada beberapa model yang dapat digunakan untuk menggambarkan data-data percobaan isotherm adsorpsi. Model yang paling sering digunakan adalah model Langmuir dan Freundlich. Pada percobaan ini digunakan kedua model tersebut.

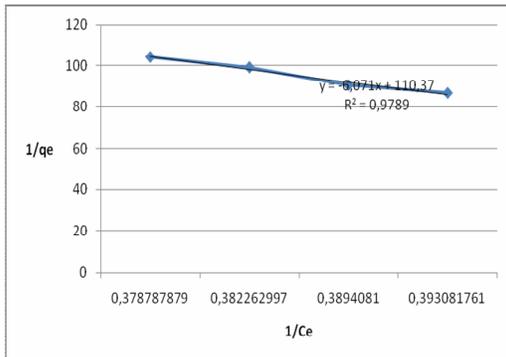
Model Langmuir menunjukkan hubungan antara konsentrasi asam asetat yang berhasil diserap oleh karbon aktif (q_e) dengan konsentrasi larutan asam asetat pada keadaan kesetimbangan (C_e) sebagai berikut:

$$q_e = \frac{K_L b C_e}{1 + b C_e} \tag{4}$$

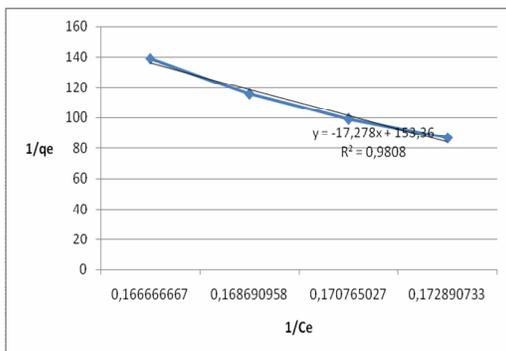
Dengan K_L menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum pada fase solid dan b merupakan konstanta energi yang berhubungan dengan panas adsorpsi. Model Langmuir digambarkan dalam grafik berikut:



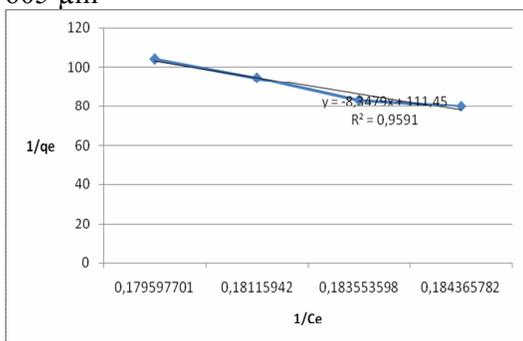
Gambar 3. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 302.5 μm



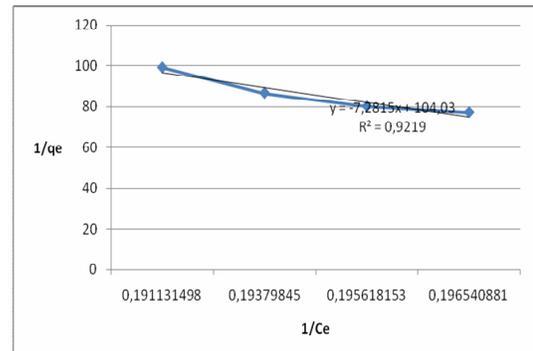
Gambar 4. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 427.5 μm



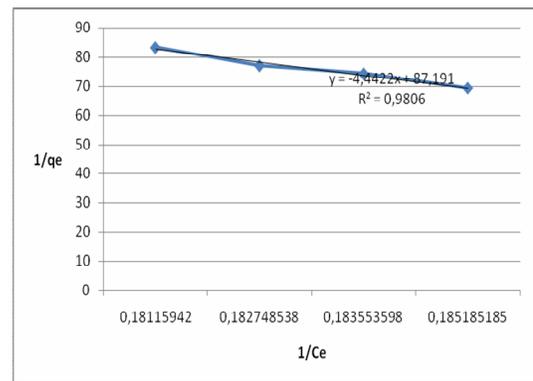
Gambar 5. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 605 μm



Gambar 6. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 400 rpm



Gambar 7. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 500 rpm



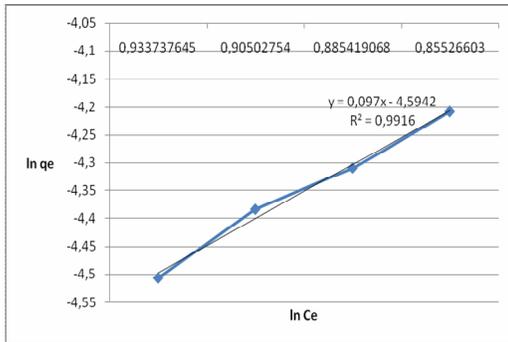
Gambar 8. Isoterm Langmuir adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 600 rpm

Dari grafik-grafik di atas, diperoleh nilai intersep $1/K_L$ dan slope $1/(K_L \cdot b)$. Dapat dilihat bahwa hasil percobaan mengikuti model isoterm Langmuir dengan R^2 berkisar antara 0.921-0.984.

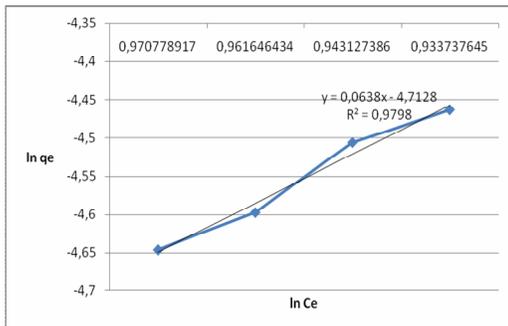
Model Freundlich menunjukkan hubungan antara konsentrasi asam asetat yang berhasil diserap oleh karbon aktif (q_e) dengan konsentrasi larutan asam asetat pada keadaan kesetimbangan (C_e) sebagai berikut:

$$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (5)$$

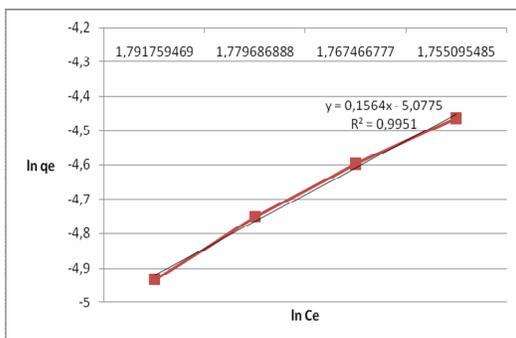
Dengan k menunjukkan kapasitas adsorben dan $1/n$ menunjukkan intensitas penyerapan. Model Freundlich digambarkan dalam grafik berikut:



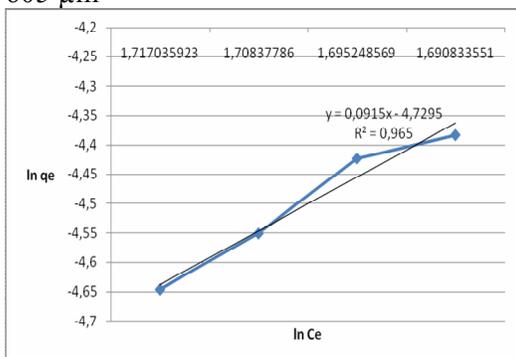
Gambar 9. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 302.5 μm



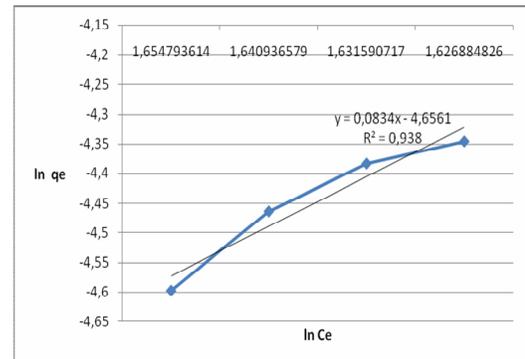
Gambar 10. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 427.5 μm



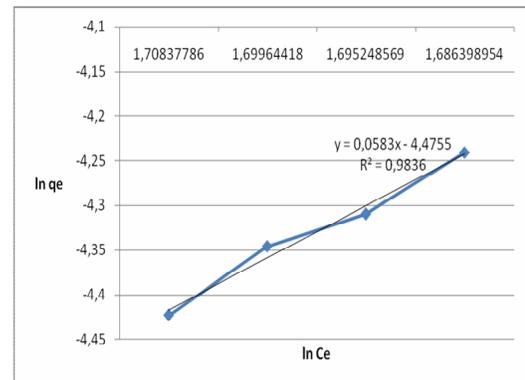
Gambar 11. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk diameter karbon aktif 605 μm



Gambar 12. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 400 rpm



Gambar 13. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 500 rpm



Gambar 14. Isoterm Freundlich adsorpsi asam asetat untuk kecepatan pengadukan 600 rpm

Dari gambar di atas diketahui bahwa hasil percobaan mengikuti model isoterm Freundlich (dengan R^2 berkisar antara 0.938 – 0.995). Dari grafik diperoleh intersep $\ln k$ dan slope $1/n$. Nilai k berkisar antara 0.006-0.011 dan nilai $1/n$ berkisar antara 0.058 -0.156. Nilai $1/n$ kurang dari 1 mengindikasikan adsorpsi berlangsung dengan baik.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari sekam padi yang diaktifasi secara fisika dapat digunakan untuk mengadsorpsi asam asetat dengan baik. Hal ini ditandai oleh persentasi asam asetat yang

berhasil diserap berkisar antara 5.660% – 24.108 %. Ukuran partikel karbon aktif dan kecepatan pengadukan mempengaruhi kemampuan adsorpsi karbon aktif. Kondisi optimum untuk adsorpsi asam asetat dengan karbon aktif dari sekam padi yang diaktifasi secara fisika dalam percobaan ini adalah pada waktu 150 menit, dengan diameter partikel karbon aktif 302.5 μm dan kecepatan pengadukan 600 rpm.

Data hasil percobaan mengindikasikan sesuai dengan kedua model isoterm yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Ditandai dengan nilai R^2 yang cukup besar. Namun dari berbagai variasi yang dilakukan diketahui bahwa isoterm Freundlich lebih cocok untuk hasil percobaan ini, karena memiliki nilai R^2 yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

M.M. Yeganeh, T. Kaghazchi, M. Soleimani,
Effect of Raw Materials on properties of

Activated Carbons , Chem. Eng. Technol. 2006, 29, 1247-1251.

M.T. Sembiring dan T.S. Sinaga, Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2003, Medan.

Schweitzer., Philip., Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers, 3rd Edition, McGraw Hill, 1997.

V.V. Goud, K. Mohanty, M.S. Rao, N.S. Jayakumar, Phenol Removal from Aqueous Solutions by Tamarind Nutshell Activated Carbon: Batch and Column Studies Chem. Eng. Technol. 2005, 28, 814-821.

-----, Petunjuk Praktikum Pengantar Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada, 2000, Yogyakarta