

PENURUNAN KADAR PROTEIN LIMBAH CAIR TAHU DENGAN PEMANFAATAN KARBON BAGASSE TERAKTIVASI

(Protein Reduction of Tofu Wastewater Using Activated Carbon Bagasse)

Candra Purnawan^{1,*}, Tri Martini¹ dan Shofiatul Afidah¹

^{1,*}Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami 36^a, Ketingan Surakarta 57126

*Penulis korespondensi. Email: candra_pr@yahoo.com

Diterima: 18 Januari 2014

Disetujui: 7 Juni 2014

Abstrak

Penurunan kadar protein limbah tahu telah dilakukan dengan pemanfaatan karbon *Bagasse* teraktivasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum dari karbon teraktivasi NaOH dan H₂SO₄ dalam menurunkan kadar protein limbah cair tahu dan mengetahui jenis isoterm adsorpsi dari karbon aktif yang digunakan untuk menyerap protein limbah cair tahu. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi NaOH yang optimum untuk aktivasi karbon aktif 15%, massa optimum karbon *bagasse* teraktivasi NaOH adalah 2 g dan penurunan kadar proteinnya 71,95%, sedangkan massa optimum karbon *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ adalah 1 g dengan penurunan kadar protein sebesar 38,19%. Waktu kontak optimum karbon *bagasse* teraktivasi NaOH dan H₂SO₄ adalah 12 jam. Adsorpsi protein oleh karbon *bagasse* teraktivasi NaOH mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich sedangkan karbon *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ dominan mengikuti isoterm Freundlich.

Kata Kunci: karbon aktif, bagasse, biomassa, protein, limbah cair, tahu, isoterm adsorpsi

Abstract

The protein reduction of tofu wastewater using activated carbon from bagasse had been conducted. The purposes of this research were to analysis optimum condition of activated carbon bagsse using NaOH and H₂SO₄ for reduction protein in tofu wastewater, and analysis adsorption isotherm of activated carbon with protein. The result showed that optimum mass of carbon bagasse activated NaOH was 2 g with 71.95% protein reduction, while carbon bagasse activated H₂SO₄ has 1 g with 38.19% protein reduction. The optimum contact time between protein and activated carbon (with NaOH and H₂SO₄) was happened in 12 hours. Adsorption protein with carbon bagasse activated NaOH had followed Langmuir and Freundlich adsorption isotherm, while adsorption with carbon bagasse activated H₂SO₄ dominantly had followed Freundlich adsorption isotherm.

Keywords: activated carbon, bagasse, biomass, protein, wastewater, tofu, adsorption isotherm

PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu jenis industri kecil yang berkembang di Indonesia khususnya Pulau Jawa. Namun, adanya limbah cair dalam proses pembuatan tahu perlu dilakukan pengolahan sebelum masuk ke lingkungan karena dapat mencemari lingkungan perairan dan udara di sekitarnya. Menurut penelitian Basuki dalam Raliby dkk. (2009) mengatakan bahwa limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak dan karbohidrat yang masih cukup tinggi, jika senyawa organik tersebut diuraikan maka akan dihasilkan gas metan, karbon dioksida dan gas-gas lain. keberadaan protein yang cukup tinggi dan senyawa organik lainnya dapat menyebabkan kadar BOD dan COD perairan tinggi. Damayanti dkk. (2004) dalam penelitiannya mengatakan bahwa pada

limbah cair tahu memiliki nilai BOD 5389,5 mg/L, COD 7050 mg/L, N-total 161,5 mg/L dan pH 4,11.

Berbagai adsorben dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair tahu diantaranya: karbon aktif, alumina aktif, silika gel, dan zeolit (*molecular sieves*). Namun, diantara beberapa jenis adsorben tersebut karbon aktif paling mudah ditemukan dan memiliki luas permukaan paling besar, sehingga kemampuan untuk menjerap juga paling besar (Wahjuni dkk., 2005). Karbon aktif adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Suherman dkk., 2009). Bahan alam yang mengandung banyak unsur karbon dalam bentuk persenyawaan organik dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Bahan tersebut antara lain tempurung kelapa, kayu tanaman,

serbuk gergaji dan *bagasse*. Jaguaribe dkk (2005) meneliti 3 karbon aktif dari bahan yang berbeda yaitu tempurung kelapa, batang pohon aren dan *bagasse*. Di antara ketiga karbon aktif tersebut yang memiliki karakteristik dan daya serap terhadap klorin yang paling baik adalah karbon aktif *bagasse*.

Bagasse merupakan limbah pabrik gula yang belum banyak dimanfaatkan. Sutawati (2002) mengatakan bahwa abu *bagasse* memiliki titik leleh 1050–1200 °C. Kandungan abu pada karbon aktif *bagasse* dapat dikurangi dengan perlakuan tertentu. Salah satu perlakuan yang dapat dilakukan adalah dengan aktivasi. Pori-pori karbon akan lebih terbuka saat aktivasi sehingga luas permukaan karbon akan semakin besar yang menyebabkan lebih banyak molekul teradsorp (Yunianto, 2002). Aktivasi dapat dilakukan secara fisika maupun kimia, secara fisika dilakukan dengan pemanasan, hal ini menyebabkan hilangnya pengotor. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan basa seperti NaOH dan asam seperti H₂SO₄, hal ini akan menyebabkan pengotor terbawa oleh zat pengaktif. Aktivasi menggunakan basa maupun asam akan memberikan perbedaan kemampuan adsorpsi *bagasse*. Oleh karena itu, perlu adanya kajian yang perlu dilakukan untuk mengetahui tentang penurunan kadar protein limbah cair tahu menggunakan karbon *bagasse* teraktivasi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari bagasse dari pabrik gula, limbah cair tahu, air suling, kertas saring, *aluminium foil*, kertas pH dan kertas lakmus merah. Untuk khemikalia yang digunakan meliputi natrium hidroksida, natrium tiosulfat pentahidrat, asam sulfat 95–97%, asam borat, indikator fenoltalein p.a (Merck), asam klorida 37%, kalium sulfat, tembaga sulfat pentahidrat, kalium di-hidrogen fosfat, di-natrium hidrogen fosfat dan kalium hidrogen ftalat.

Alat

Peralatan yang digunakan terdiri dari tungku pemanas/*furnace*, cawan porselin, neraca analitik, sentrifuse, penangas air, *shaker* rotator, deksikator, ph meter, oven, *heating mantel*, peralatan destilasi kjeldahl, alat-alat gelas dan plastik

Prosedur Penelitian

Pembuatan Karbon Aktif Bagasse

Bagasse yang telah kering dibakar dengan api kecil dan dalam ruang tertutup hingga semua *bagasse* berubah menjadi arang, kemudian

dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 500 °C sampai tidak terbentuk asap. Karbon yang telah terbentuk kemudian diayak pada ayakan 100–200 mesh dan sebanyak 50 g karbon direndam dalam 500 mL NaOH 15% (Afidah, 2010) dan H₂SO₄ 10% (Yunianto, 2002) selama 12 jam, kemudian disaring dan residunya dicuci dengan air suling sampai filtrat hasil pencucian netral. Setelah itu karbon dikeringkan pada suhu 110 °C dan setelah itu dipanaskan dalam tungku *furnace* pada suhu 500 °C selama 1 jam.

Adsorpsi Protein Limbah Cair Tahu dengan Variasi Komposisi Massa Karbon Aktif Bagasse

Sebanyak 0,5; 1; 1,5 dan 2 g karbon aktif *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ 10% dan 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 g karbon aktif *bagasse* teraktivasi NaOH 15% dimasukkan ke dalam masing-masing 25 ml limbah cair tahu dan dikocok selama 24 jam, kemudian disaring dan filtratnya diambil 5 mL untuk ditentukan kadar proteinnya sehingga diperoleh komposisi massa karbon aktif *bagasse* yang optimum. Penentuan kadar protein sebelum dan sesudah adsorpsi dilakukan menggunakan metode Kjeldahl - SNI 06-6989.52 (Anonim, 2005).

Adsorpsi Protein Limbah Cair Tahu dengan Variasi Waktu Kontak

Sebanyak massa optimum untuk karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10% dan NaOH 15% dicampurkan dengan masing-masing 25 mL limbah cair tahu dan dikocok selama 12, 18, 24, 36 dan 48 jam. Kemudian disaring dan filtratnya diambil 5 mL untuk ditentukan kadar proteinnya.

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Sebanyak massa optimum untuk karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10% dan NaOH 15% dicampurkan dengan 25 ml limbah cair tahu dengan konsentrasi 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100% (v/v). selama waktu kontak optimum, kemudian disaring dan filtratnya diambil 5 mL untuk ditentukan kadar proteinnya. Analisis isotherm adsorpsi karbon aktif *bagasse* menggunakan persamaan garis lurus isotherm adsorpsi Freundlich dan Langmuir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi Protein Limbah Cair Tahu dengan Variasi Komposisi Massa Karbon Aktif Bagasse

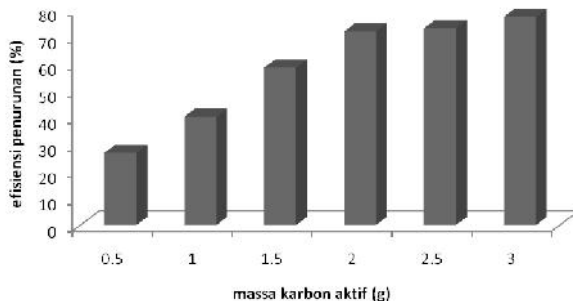
Optimasi proses aktivasi karbon *bagasse* dilakukan pada penelitian sebelumnya dan diperoleh kondisi optimum pada konsentrasi NaOH 15% dan H₂SO₄ 10%. Jumlah karbon aktif yang digunakan pada adsorpsi mempengaruhi banyak sedikitnya jumlah protein yang terserap oleh karbon

aktif. Selanjutnya dilakukan variasi massa karbon teraktivasi NaOH 15% dan H₂SO₄ 10% untuk menentukan massa optimum karbon teraktivasi NaOH 15% dan H₂SO₄ 10% dalam menyerap protein. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) pada berbagai variasi massa karbon teraktivasi NaOH 15% ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada penambahan karbon teraktivasi NaOH 15% sebanyak 0,5 g hingga 2 g terjadi peningkatan signifikan jumlah protein yang teradsorp. Hal ini disebabkan semakin banyak massa karbon aktif yang diberikan maka semakin banyak pori dan situs aktif yang digunakan untuk adsorpsi protein. Adapun pada penambahan jumlah karbon teraktivasi NaOH 15% sebesar 2,5 g dan 3,0 g banyaknya protein yang terserap tidak terlalu berbeda secara signifikan. Hal ini karena massa karbon aktif yang diberikan terlalu banyak sehingga antar karbon aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi karbon aktif dengan limbah cair tahu kurang efektif. Berdasarkan analisis statistik melalui uji Duncan menunjukkan bahwa pada massa karbon teraktivasi NaOH 15% sebesar 2 g merupakan massa optimum untuk menurunkan kadar protein limbah cair tahu sebesar 71,95%. Adapun efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) pada berbagai variasi massa karbon teraktivasi H₂SO₄ 10% ditunjukkan Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada penambahan karbon teraktivasi H₂SO₄ 10% sebanyak 0,5 g dan 1,0 g terjadi peningkatan yang cukup signifikan jumlah protein yang teradsorpsi. Hal ini karena semakin banyak massa karbon aktif yang diberikan maka semakin banyak pori dan situs aktif yang digunakan untuk adsorpsi protein. Adapun pada penambahan jumlah karbon teraktivasi H₂SO₄ 10% sebesar 1,5 g dan 2,0 g

jumlah protein yang teradsorpsi tidak berbeda secara signifikan. Hal ini karena massa karbon aktif yang diberikan terlalu banyak sehingga antar



Gambar 1. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) dengan variasi massa karbon *bagasse* teraktivasi NaOH 15%.

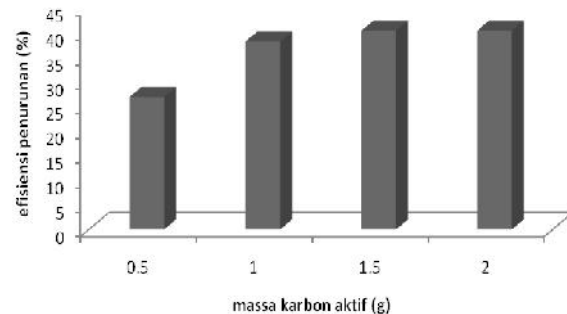
karbon aktif sendiri saling berdesakan dan interaksi karbon aktif dengan limbah cair tahu kurang efektif. Berdasarkan analisa statistik melalui uji Duncan menunjukkan pada massa karbon teraktivasi H₂SO₄ 10% sebesar 1 g merupakan massa optimum untuk menurunkan kadar protein limbah cair tahu sebesar 38,19%.

Efisiensi penurunan limbah cair tahu (%) karbon aktif diaktivasi NaOH 15% lebih besar dibanding karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10%, hal ini dikarenakan karbon aktif diaktivasi NaOH 15% memiliki sifat basa lebih besar sehingga cenderung bermuatan parsial negatif, sedangkan protein dalam limbah cair tahu bermuatan positif maka akan terjadi gaya tarik elektrostatis antara karbon aktif diaktivasi NaOH dengan protein. Karbon aktif bersifat elektropositif pada larutan asam sedangkan pada larutan basa dia bersifat elektronegatif (Shen dkk, 2007). Selain itu akan terjadi ikatan hidrogen antara H gugus amino dan karboksil pada protein dengan N dan O yang dimiliki gugus fungsi karbon aktif. Pada karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ terjadi tolakan elektrostatis dengan protein karena sama-sama cenderung bermuatan positif.

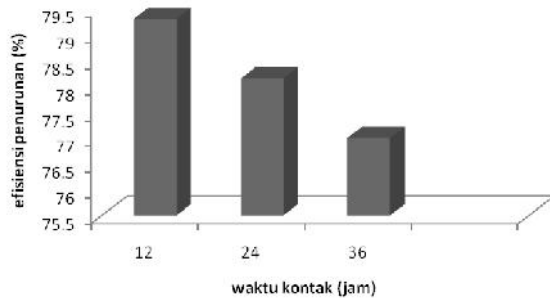
Adsorpsi Protein Limbah Cair Tahu dengan Variasi Waktu Kontak

Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) oleh karbon teraktivasi NaOH 15% pada berbagai waktu kontak ditunjukkan Gambar 3. Untuk efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) oleh karbon teraktivasi H₂SO₄ 10% pada berbagai waktu kontak ditunjukkan Gambar 4.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa pada waktu kontak 12 jam jumlah protein yang terjerap paling besar, namun pada waktu kontak lebih dari 12 jam jumlah protein yang terjerap mengalami penurunan. Hal ini karena waktu kontak yang berlebih menyebabkan karbon aktif lewat jenuh dan mengakibatkan protein kembali terlepas dari pori-pori karbon aktif (terjadi desorpsi).



Gambar 2. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) dengan variasi massa karbon *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ 10%.



Gambar 3. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) oleh karbon *bagasse* teraktivasi NaOH 15% dengan variasi waktu kontak.

Analisa Isoterm Adsorpsi untuk karbon aktif *bagasse*

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif *bagasse* sehingga dapat diketahui jenis interaksi yang terjadi pada saat proses adsorpsi. Untuk mengetahui jenis isoterm adsorpsi yang terjadi, maka data yang ada diuji dengan persamaan garis lurus isoterm adsorpsi Freundlich dan Langmuir (Adamson, 1990).

Isoterm adsorpsi karbon aktif *bagasse* teraktivasi NaOH 15%

Isoterm adsorpsi Freundlich diuji dengan memasukkan data yang ada dalam persamaan linier dalam bentuk logaritmanya :

$$\text{Log } (X/m) = \log k + 1/n \log C_{\text{kest}} \quad (1)$$

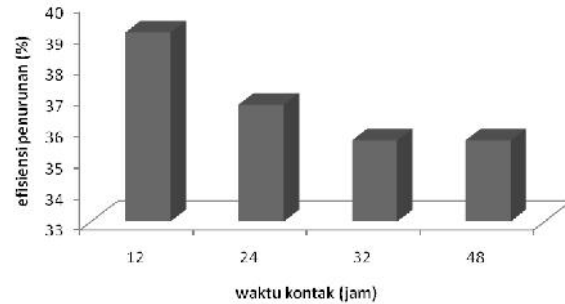
Di mana X adalah banyaknya protein yang teradsorpsi (mg), m adalah massa adsorben (g), C_{kest} adalah konsentrasi protein yang tersisa dalam larutan setelah terjadi kesetimbangan (ppm). Isoterm Freundlich menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi secara fisika, dalam proses adsorpsi terbentuk beberapa lapisan (*multilayer*). Protein akan terjerap oleh karbon aktif karena adanya gaya *Van Der Waals*, yaitu dipol positif protein akan menuju dipol negatif dari karbon aktif.

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dalam bentuk linier untuk adsorpsi cairan adalah:

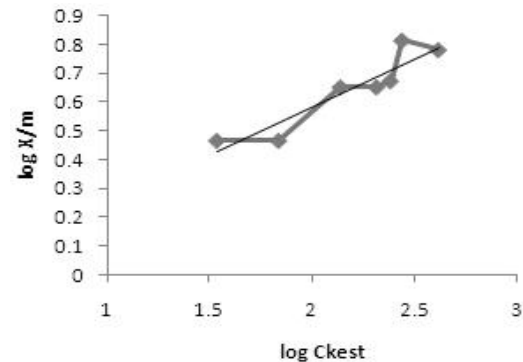
$$\frac{C_{\text{kest}}}{X/m} = \frac{1}{kQ} + \frac{1}{Q} C_{\text{kest}} \quad (2)$$

Di mana (X/m) adalah kapasitas adsorpsi, Q adalah kapasitas adsorpsi maksimum, C_{kest} adalah konsentrasi protein yang tersisa dalam larutan setelah terjadi kesetimbangan (ppm). Isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara kimia, terjadinya ikatan antara protein dengan karbon aktif.

Kurva isoterm Freundlich untuk karbon teraktivasi NaOH 15% ditunjukkan pada Gambar 5 dan diperoleh harga koefisien korelasi (r) = 0,9269



Gambar 4. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu (%) oleh karbon *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ 10% dengan variasi waktu kontak.



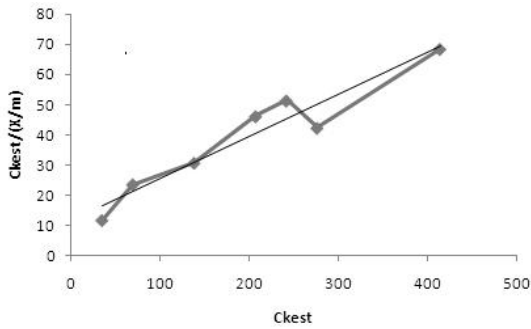
Gambar 5. Kurva isoterm Freundlich karbon *bagasse* teraktivasi NaOH 15%

dengan persamaan regresi linier $y = -0,0956 + 0,3387x$. Dengan y adalah kapasitas adsorpsi, x adalah konsentrasi protein yang tersisa dalam larutan setelah terjadi kesetimbangan.

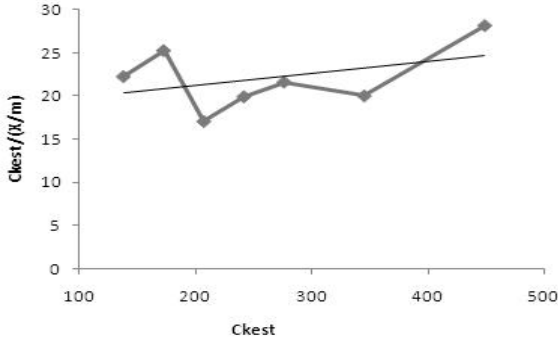
Kurva isoterm Langmuir ditunjukkan pada Gambar 6 dan diperoleh persamaan linier $y = 11,90929 + 0,1384 x$ dengan harga koefisien korelasi (r) adalah 0,9623. Pada adsorpsi protein dengan karbon aktif diaktivasi NaOH, antara isoterm Langmuir dan Freundlich sama-sama dominan ditunjukkan dengan harga r yang mendekati 1, sehingga dapat diasumsikan bahwa interaksi yang terjadi antara protein dan karbon aktif dapat terjadi secara fisika dan kimia, ikatan kimia yang terjadi dimungkinkan karena adanya ikatan hidrogen antara H⁺ dari protein dengan O dari karbon aktif, bisa juga terjadi tarik menarik antara karbon aktif dengan protein (gaya elektrostatis) sedang interaksi fisika terjadi karena adanya gaya *van Der Waals* antara protein dengan karbon aktif.

Isoterm adsorpsi karbon aktif *bagasse* teraktivasi H₂SO₄ 10%

Kurva isoterm Langmuir ditunjukkan pada Gambar 7 dan diperoleh persamaan linier $y = 18,37 + 0,014 x$ dengan harga koefisien korelasi (r)



Gambar 6. Kurva isotherm Langmuir karbon bagasse teraktivasi NaOH 15%

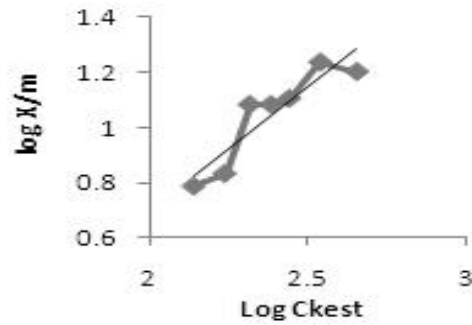


Gambar 7. Kurva isotherm adsorpsi Langmuir karbon bagasse teraktivasi H₂SO₄ 10%

adalah 0,409. Kurva isotherm Freundlich ditunjukkan pada Gambar 8 dan diperoleh harga r sebesar 0,915 dengan persamaan regresi linier $y = -1,09567 + 0,8984x$.

Harga r pada isotherm Freundlich lebih mendekati 1 dibanding isotherm Langmuir, sehingga dapat diasumsikan bahwa interaksi antara karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10% dengan protein limbah cair tahu dominan terjadi secara fisika melalui pembentukan ikatan *van Der Walls* yaitu dipol dari karbon aktif akan berinteraksi dengan dipol dari protein. Interaksi kimia yang rendah antara karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ dengan protein dimungkinkan karena antara karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ dengan protein sama-sama bermuatan positif sehingga terjadi tolakan elektrostatis. Perbedaan jenis adsorpsi antara karbon aktif diaktivasi NaOH 15% dan karbon aktif diaktivasi

H₂SO₄ 10% terhadap protein dikarenakan protein yang digunakan dalam suasana asam sehingga protein cenderung bermuatan positif maka akan dengan mudah berikatan secara kimia dengan karbon aktif diaktivasi NaOH 15% yang dapat mendonorkan elektronnya, antara karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10% dengan protein sama-sama bersifat asam maka sulit terjadi interaksi secara kimia, protein dapat teradsorpsi ke dalam karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ hanya karena keberadaan ikatan antara dipol karbon aktif dengan dipol



Gambar 8. Isotherm adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ 10%

protein maka isothermnya dominan mengikuti Freundlich

KESIMPULAN

Massa optimum karbon aktif diaktivasi NaOH adalah 2 g dengan penurunan kadar proteinnya 71,95%, sedangkan massa optimum karbon aktif diaktivasi H₂SO₄ sebesar 1 g dengan penurunan kadar protein 38,19%. Waktu kontak optimum karbon aktif dengan aktivasi NaOH dan H₂SO₄ adalah 12 jam.

Adsorpsi protein menggunakan karbon bagasse teraktivasi NaOH mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich sehingga dimungkinkan terjadi adsorpsi kimia dan fisika terhadap protein sedangkan adsorpsi protein menggunakan karbon bagasse teraktivasi H₂SO₄ dominan mengikuti isotherm Freundlich sehingga adsorpsi fisika lebih dominan terhadap protein limbah cair tahu.

DAFTAR PUSTAKA

Adamson, A.W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*. Jhon Wiley and Sons, Inc, California.

Afidah, S. 2010. *Pemanfaatan Karbon Bagasse Teraktivasi untuk Menurunkan Kadar Protein dalam Limbah Cair Tahu*. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Anonim, 2005, SNI 06-6989.52-2005: Air dan air limbah- Bagian 52: Cara uji kadar nitrogen organik secara makro kjeldahl dan titrasi.

Damayanti, A., Joni, H., dan Ali, M. 2004. *Analisis Resiko Lingkungan dari Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Kayu Apu (Pistia Stiototes L)*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.

Jaguaribe, E. F., Medeiros, L. L, Barreto, M. C. S, dan Araujo, L. P, 2005. *The Performance of Activated Carbons from Sugarcane Bagasse*,

- Babassu, and Coconut Shells in Removing Residual Chlorine.* Brazil.
- Raliby, O., Retno, R., dan Imron, R. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Industri Pengolahan Tahu*, 27 Agustus 2009.
- Shen, W., Zhijie, L., dan Yihong, L. 2007. *Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon.* State Key Laboratory of Heavy Oil, China University of Petroleum, Dongying, Shandong.
- Suherman, Ikawati, dan Melati. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati.* Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- Sutawati, H. 2002. *Pemanfaatan Bagasse untuk Pembuatan Karbon Aktif Menggunakan Bahan Pengaktif $ZnCl_2$.* Skripsi Sarjana Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNS, Surakarta.
- Wahjuni, N. S., Danny, A., dan Desty, R. 2005. *Perbandingan Tingkat Adsorpsi Chitin dan Karbon Aktif dalam Menjerap Logam Chromium dalam Tangki Berpengaduk.* Hal 71- 72. Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Yunianto. 2002. *Studi Pembuatan Karbon Aktif dari Bagasse dengan Bahan Pengaktif H_2SO_4 .* Skripsi Sarjana Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNS, Surakarta.