

Penentuan Kesetimbangan Adsorpsi *Regenerated Spent Bleaching Earth* (RSBE) Terhadap Ion Cu(II)

Andi Muhammad S¹⁾, Yusnimar²⁾, Sri Helianty²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
andims19.07@gmail.com

ABSTRACT

Spent bleaching earth (SBE) is the waste that generated from bleaching units in palm oil refining industry. Solution for the waste reduction is regenerating SBE into regenerated spent bleaching earth (RSBE) which can be used as adsorbent heavy metals in waste waters such as Cu(II) derived from the industry. In this study SBE regenerated by extracting oil soxhletation at 72°C for 8 hours with solvent n-hexane, then washed with 3% HCl and finally physically activated at a temperature of 470°C. This study aims to determine the adsorption capability of RSBE and the corresponding adsorption isotherm models. A total of 1 g RSBE mixed with a solution of CuSO₄ with a volume of 100 ml at various concentrations (10, 15, 20, 25 and 30 ppm). The results showed that the ion adsorption of Cu(II) by RSBE reached equilibrium after 30 minutes of contact time, and adsorption occurred by following the Langmuir isotherm adsorption models with correlation coefficient (R^2) was 0.956 and the maximum value of adsorption capacity is 7.41 mg Cu(II)/g RSBE.

Keywords: *adsorption, adsorption isotherms, ion Cu (II), SBE, RSBE.*

I. Pendahuluan

Pada industri *refinery crude palm oil* (CPO) dilakukan proses pemurnian CPO antara lain penghilangan gum (*degumming*), penghilangan asam lemak bebas (netralisasi), pemucatan warna (*bleaching*) serta penghilangan bau (deodorisasi) (Ketaren, 1986). Proses *bleaching* CPO bertujuan untuk mengubah warna CPO coklat menjadi kuning jernih, selain itu juga berfungsi untuk menghilangkan sisa kotoran, getah dan asam lemak bebas yang masih ada (Waldmann dan Eggers, 1991).

Pada proses *bleaching*, pemucatan dilakukan dengan menggunakan *bleaching earth* (BE) dengan kadar antara 0,5%-2% dari total jumlah CPO yang diolah (Young, 1987). Seiring berkembangnya industri *refinery* minyak nabati yang pesat saat ini, kebutuhan akan BE terus meningkat. Namun disisi lain BE merupakan material yang tidak dapat diperbaharui (*nonrenewable*), oleh karena itu pada unit *bleaching* dihasilkan limbah

spent bleaching earth (SBE) yang banyak. Menurut PP No. 85 tahun 1999, SBE merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3). Karena SBE yang jenuh dengan minyak tertahan mudah terbakar, selain itu dapat menimbulkan polusi pada tanah, air maupun udara (Kucharz dkk, 1994).

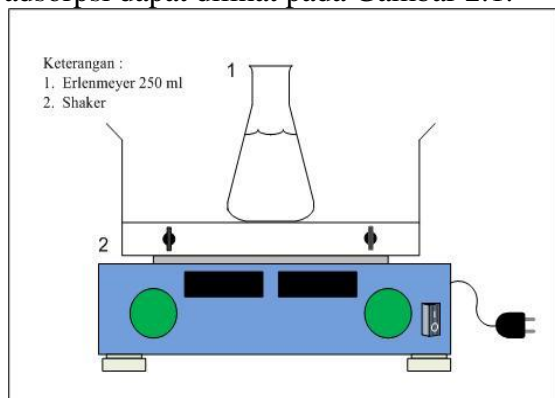
Namun demikian, SBE dapat diregenerasi untuk pemanfaatan kembali (Young, 1987; Tsai dkk, 2002; Kheang dkk, 2006; Wambu dkk, 2009). Akan tetapi SBE yang telah diregenerasi tidak cocok digunakan kembali untuk pengolahan CPO, karena besar kemungkinan masih mengandung kontaminan logam nikel yang berbahaya bagi kesehatan (Maes et al, 1993). *Spent bleaching earth regenerated* (RSBE) atau SBE yang telah diregenerasi dapat digunakan untuk keperluan seperti katalis, penukar ion, bahan campuran untuk konstruksi bangunan dan sebagai perekat pasir cetak (Supeno, 2009).

Pada penelitian ini, RSBE akan digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi logam-logam berat seperti Cu(II) dalam limbah perairan. Proses regenerasi SBE akan dilakukan dengan ekstraksi, pencucian dengan asam dan aktivasi dengan pemanasan. Kemudian, daya jerap RSBE terhadap ion Cu(II) ditentukan. Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat mengatasi masalah limbah logam berat, khususnya logam Cu(II). Di dalam penelitian ini juga akan ditentukan kesetimbangan adsorpsi RSBE terhadap ion Cu(II).

II. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang akan digunakan yaitu pengayak 100 *mesh*, satu unit alat soklet, satu unit *shaker*, *furnace*, timbangan analitik, gelas ukur, erlenmeyer, dan gelas piala. Rangkaian alat untuk proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah SBE. SBE digerus kemudian diayak dengan pengayak 100 *mesh*. Larutan yang digunakan adalah heksana, HCl 3% dan larutan ion Cu(II) serta *aquadest* sebagai pencuci dan pelarut.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah Volume larutan Cu(II) 100 ml, kecepatan pengadukan 280 rpm dan berat RSBE 1 gram. Variabel tidak tetap pada penelitian ini adalah Konsentrasi larutan ion Cu(II) 10, 15, 20, 25 dan 30 ppm dan

waktu adsorpsi 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 dan 240 menit.

2.4 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini merupakan tahapan prosedural dalam melakukan penelitian. Tahapan proses dimulai dari persiapan SBE, regenerasi SBE menjadi RSBE, persiapan larutan CuSO₄ dan proses adsorpsi. Dilakukan juga tahapan analisa, yaitu analisa AAS.

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Persiapan SBE

Material SBE pada penelitian ini diperoleh dari lokasi penimbunan SBE PT. Wilmar di Dumai. Pada lokasi tersebut SBE diambil dari enam titik yang berbeda letaknya, kemudian dicampur menjadi satu. SBE digerus menggunakan lumpang kemudian *discreening* agar diperoleh ukuran partikel 100 *mesh*.

2.5.2 Regenerasi SBE

Pada penelitian ini untuk mendapatkan *regenerated spent bleaching earth* (RSBE) dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1) Ekstraksi Minyak

Ekstraksi minyak dilakukan dengan menggunakan metode sokletasi. Pertama, timbel dibuat dengan ukuran yang disesuaikan terhadap besarnya tabung soklet kemudian timbel diisi dengan SBE sebanyak 50 gram. Timbel yang berisi contoh dimasukan ke dalam tabung soklet dan pelarut heksana dimasukkan dari mulut tabung soklet sampai terisi 250 ml. Setelah itu dilakukan proses sokletasi selama 8 jam dengan suhu 72°C.

2) Pencucian dengan Asam

Larutan HCl 3% dikontakkan dengan SBE yang telah dioksidasi di dalam gelas kimia dengan rasio SBE/HCl 1:10 (m/v) selama 60 menit sambil diaduk. SBE lalu dipisahkan dari asam dengan penyaringan. Setelah itu, SBE dicuci dengan *aquadest* dan diaduk selama 30 menit dengan shaker kemudian disaring untuk memisahkan SBE teregenerasi dan *aquadest*.

3) Aktifasi

SBE yang telah dicuci kemudian diaktifasi dengan menggunakan furnace pada suhu 470°C selama 12 jam. Kemudian hasil regenerasi ini (RSBE) siap diuji daya adsorpsi pada larutan Cu.

2.5.3 Penentuan Waktu Kesetimbangan

Proses adsorpsi ion Cu(II) pada RSBE dilakukan secara *batch*. Untuk penentuan waktu kesetimbangan, larutan Cu(II) dengan konsentrasi 10 dan 30 ppm dengan volume masing-masing 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan masing-masing RSBE sebanyak 1 gr. Campuran ini diaduk dengan *shaker* berkecepatan 280 rpm dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 dan 300 menit. Setelah itu, dipisahkan RSBE dengan cairan Cu(II). Konsentrasi ion Cu(II) pada cairan tersebut ditentukan dengan bantuan AAS. Berdasarkan kurva standar Cu(II), dihitung konsentrasi ion Cu(II) sisa. Kemudian dihitung daya jerapnya dan dibuat kurva waktu adsorpsi vs daya jerap. Berdasarkan kurva tersebut dapat diketahui waktu kesetimbangan ion Cu(II) pada RSBE.

2.5.4 Penentuan Daya Jerap

Proses adsorpsi ion Cu(II) pada RSBE dilakukan secara *batch*. Larutan ion Cu(II) dengan variasi konsentrasi 10, 15, 20, 25 dan 30 ppm sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan jumlah massa RSBE sebanyak 1 gr. Campuran di *shaker* dengan kecepatan 280 rpm pada waktu kesetimbangan yang telah diketahui pada percobaan 3.3.3. Setelah itu, dipisahkan padatan (RSBE) dengan cairan Cu(II). Konsentrasi ion Cu(II) setelah proses adsorpsi ditentukan dengan AAS. Kemudian dihitung daya jerapnya menggunakan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} v$$

Dimana:

Q_e = Jumlah adsorbat terjerap (mg Cu(II)/gr RSBE)

C_0 = Konsentrasi awal Cu(II) (ppm)

C_e = Konsentrasi Cu(II) pada kesetimbangan (ppm)

m = Massa adsorben (gr)

v = Volume larutan (L)

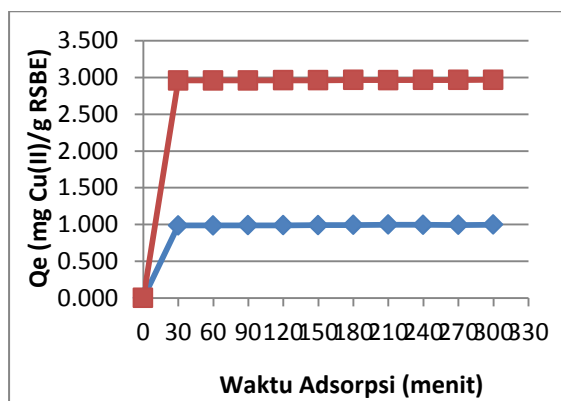
2.5.5 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Untuk penentuan model isoterm adsorpsi, data yang diperoleh dari percobaan 2.5.4 dilakukan uji isoterm adsorpsi ion Cu(II) dengan RSBE. Pengujian pola isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan pembuatan kurva $\log Q_e$ terhadap $\log C_e$, pengujian pola isoterm Langmuir dilakukan dengan pembuatan kurva $1/Q_e$ terhadap $1/C_e$, dan pengujian isoterm BET dilakukan dengan pembuatan kurva $\frac{C_e}{C_0} \frac{C_0}{Q_e(1 - \frac{C_e}{C_0})}$ terhadap C_e/C_0 pola adsorpsi ditentukan dengan cara membandingkan tingkat kelinieran kurva yang ditunjukkan oleh harga R^2 . Harga R^2 yang dapat diterima adalah $\geq 0,95$ atau $\geq 95\%$ (Suardana, 2008).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Waktu Kesetimbangan

Percobaan ini bertujuan untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan ion Cu(II) oleh RSBE. Waktu kesetimbangan adsorpsi merupakan waktu dimana daya jerap RSBE terhadap ion Cu(II) tidak berubah atau sudah konstan. Hal ini ditunjukkan dari tidak terjadinya lagi perubahan konsentrasi dalam larutan terhadap pertambahan waktu pengontakan. Penentuan waktu kesetimbangan merupakan langkah awal pada percobaan kesetimbangan adsorpsi karena semua data untuk menentukan model isoterm adsorpsi diambil pada waktu tercapainya kesetimbangan. Kurva hasil penentuan waktu kesetimbangan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1. Pengaruh waktu fermentasi terhadap konsentrasi glukosa pada variasi waktu inkubasi

Kesetimbangan penjerapan (adsorpsi) ion Cu(II) oleh RSBE terjadi pada waktu adsorpsi 30 menit dimana daya jerap RSBE terhadap ion Cu(II) setelah waktu 30 sampai 300 menit tidak lagi berubah. Gambar 3.1 menampilkan hasil percobaan waktu kesetimbangan, dimana dapat dilihat bahwa waktu kesetimbangan penjerapan (adsorpsi) ion Cu(II) oleh RSBE terjadi pada waktu adsorpsi 30 menit dimana daya jerap RSBE terhadap ion Cu(II) setelah waktu 30 sampai 300 menit tidak lagi berubah. hal ini dapat dilihat bahwa pada waktu adsorpsi 30 menit, jumlah ion Cu(II) yang terjerap RSBE tidak bertambah karena jumlah ion Cu(II) yang diadsorpsi pada permukaan adsorben RSBE berada pada keadaan setimbang. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa pada waktu adsorpsi 30 menit keadaan kesetimbangan adsorpsi ion Cu(II) oleh RSBE telah tercapai.

3.2 Proses Adsorpsi ion Cu(II) dengan Adsorben RSBE

Hasil penentuan konsentrasi Cu(II) sebelum dan setelah adsorpsi oleh RSBE yang ditentukan pada waktu kesetimbangan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil Penentuan Adsorpsi ion Cu(II) terhadap RSBE pada beberapa Konsentrasi ion Cu(II)

| Co (ppm) | Ce (ppm) | Qe (mg Cu(II)/g RSBE) |
|----------|----------|-----------------------|
| 10 | 0,138 | 0,986 |
| 15 | 0,232 | 1,477 |
| 20 | 0,338 | 1,966 |
| 25 | 0,368 | 2,463 |
| 30 | 0,395 | 2,961 |

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa semakin meningkat konsentrasi adsorbat (ion Cu(II)), maka kemampuan daya jerap RSBE semakin meningkat. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi tinggi, tumbukan antara adsorben dan adsorbat meningkat, sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak. Hal ini menunjukkan bahwa RSBE merupakan adsorben yang cukup baik dalam menjerap ion Cu(II), pada konsentrasi ion Cu(II) dari 10-30 ppm selisih daya jerap RSBE terhadap ion Cu(II) meningkat secara signifikan.

3.3 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi ion Cu(II) pada RSBE ditentukan dengan metode regresi linier dan dari persamaan regresi akan diperoleh nilai R^2 . Penentuan model isoterm adsorpsi kesetimbangan dilakukan dengan cara mengolah data yang diperoleh menurut ketentuan isoterm adsorpsi freundlich, langmuir dan BET. Tabel 3.2 dan Gambar 3.2 merupakan hasil pengolahan data menurut model freundlich:

Tabel 3.2 Data Hasil Pengolahan Model Isoterm Freundlich

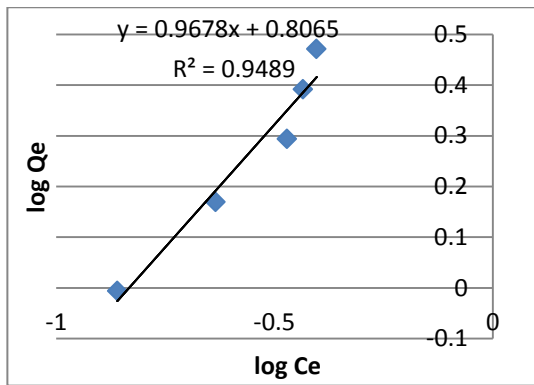
| Co | Ce | Qe | Log Qe | Log Ce |
|----|-------|-------|---------|---------|
| 10 | 0,138 | 0,986 | -0,0060 | -0,860 |
| 15 | 0,232 | 1,477 | 0,16932 | -0,634 |
| 20 | 0,338 | 1,966 | 0,29363 | -0,471 |
| 25 | 0,368 | 2,463 | 0,3915 | -0,434 |
| 30 | 0,395 | 2,961 | 0,4713 | -0,4034 |

Keterangan:

Co = konsentrasi awal ion Cu(II) (ppm)

Ce = konsentrasi sisa ion Cu(II) (ppm)

Qe = daya jerap (mg Cu(II)/g RSBE)

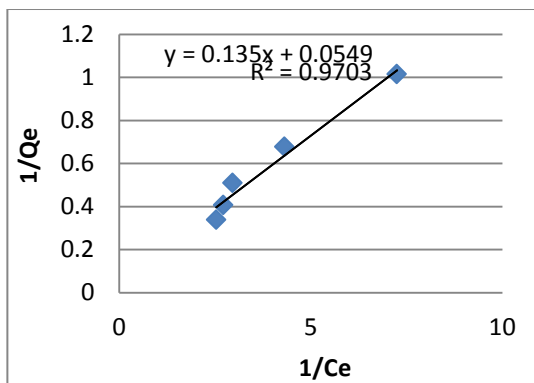


Gambar 3.2 Kurva Hubungan log Qe terhadap log Ce

Hasil pengolahan data menurut isoterm adsorpsi langmuir dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.3:

Tabel 3.3 Model Isoterm Langmuir

| Co | Ce | Qe | 1/Qe | 1/Ce |
|----|-------|-------|----------|----------|
| 10 | 0,138 | 0,986 | 1,013993 | 7,246377 |
| 15 | 0,232 | 1,477 | 0,67714 | 4,310345 |
| 20 | 0,338 | 1,966 | 0,508595 | 2,95858 |
| 25 | 0,368 | 2,463 | 0,405976 | 2,717391 |
| 30 | 0,395 | 2,961 | 0,337781 | 2,531646 |



Gambar 3.3 Kurva Hubungan 1/Qe terhadap 1/Ce

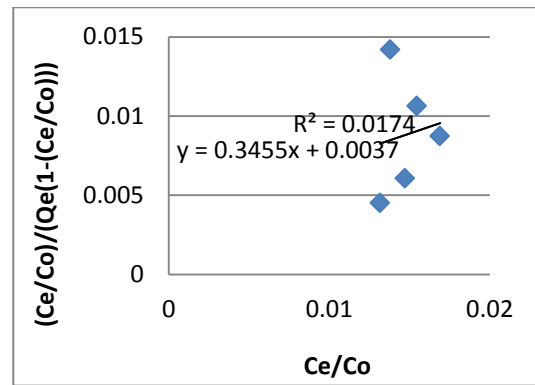
Hasil pengolahan data menurut isoterm adsorpsi BET dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 3.4:

Tabel 3.4 Model Isoterm BET

| Co | Ce | Qe | A | Ce/Co |
|----|-------|-------|----------|---------|
| 10 | 0,138 | 0,986 | 0,007510 | 0,0074 |
| 15 | 0,232 | 1,477 | 0,005282 | 0,0078 |
| 20 | 0,338 | 1,966 | 0,006883 | 0,0134 |
| 25 | 0,368 | 2,463 | 0,005270 | 0,01284 |
| 30 | 0,395 | 2,961 | 0,004506 | 0,01316 |

Keterangan :

$$A = (Ce/Co)/(Qe(1-(Ce/Co)))$$



Gambar 3.4 Kurva Hubungan $(Ce/Co)/(Qe(1-(Ce/Co)))$ terhadap Ce/Co

Berdasarkan Gambar 3.2 sampai Gambar 3.4 maka dibuatlah sebuah rangkuman yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Parameter Model Kesetimbangan Adsorpsi

| Parameter | Freundlich | Langmuir | BET |
|----------------|------------|----------|-------|
| R ² | 0,948 | 0,970 | 0,017 |
| Q ₀ | | 7,41 | 2,874 |
| K | 0,806 | 2,5 | 116 |
| n | 1,241 | | |

Keterangan:

R² = Koefisien Relasi

Q₀ = Kapasitas jerap maksimum adsorben terhadap adsorbat (mg Cu(II) /gr RSBE)

K = Kesetimbangan Adsorpsi

N = faktor heterogenitas

Pada Tabel 3.5 dapat dilihat perbandingan nilai koefisien relasi (R²) dari tiga model isoterm adsorpsi yaitu Isoterm Freundlich, Langmuir dan BET. Dari nilai R² tersebut dapat diketahui model persamaan kesetimbangan mana yang dapat mewakili penelitian ini. Nilai R² dari model Langmuir lebih mendekati 1 dibandingkan model Freundlich dan BET. Ini berarti bahwa adsorpsi Cu(II) oleh RSBE sesuai dengan model isoterm adsorpsi langmuir. Adsorpsinya bersifat monolayer dan jenis adsorpsinya adalah adsorpsi kimia yaitu berupa pertukaran

ion. Adanya unsur alkali pada bentonit yaitu Na dapat menyebabkan pertukaran ion Cu(II) dengan Na. Na yang memiliki potensial reduksi bernilai negatif artinya mudah tereduksi dan Cu(II) yang memiliki potensial reduksi bernilai positif artinya mudah teroksidasi sehingga keduanya dapat melakukan pertukaran ion. Nilai R^2 pada Isoterm Freundlich dan Langmuir pada dasarnya mendekati 1, isoterm Langmuir mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara kimia sedangkan isoterm Freundlich mengasumsikan adsorpsi secara fisika. Namun kedua model ini tidak mempertimbangkan adsorpsi secara kimia fisika secara bersamaan.

Sebagai perbandingan, beberapa hasil penelitian adsorpsi yang telah dilakukan peneliti lain memperoleh hasil bahwa kesetimbangan adsorpsi antara Cu(II) dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit sebagai adsorben mengikuti model kesetimbangan Langmuir (Kundari dalam Despramita, 2012). Kesetimbangan adsorpsi Cu(II) dengan bentonit asal Arab Saudi juga sesuai dengan model kesetimbangan Langmuir (Al-Qunaibit MH, 2004).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Limbah SBE dapat diregenerasi menjadi RSBE
2. Waktu kesetimbangan adsorpsi ion Cu(II) dengan RSBE tercapai pada saat waktu adsorpsi 30 menit.
3. Kapasitas jerap maksimum diperoleh sebesar 7,41 mg Cu(II)/g RSBE.
4. Adsorpsi ion Cu(II) pada RSBE sesuai dengan model isoterm adsorpsi Langmuir yang bersifat adsorpsi kimia dengan nilai R^2 sebesar 0,970.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan pengujian model kesetimbangan dengan variabel lain seperti

variasi suhu dan menentukan kinetika adsorpsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qunaibit, M.H., Mekhemer, W.K., and Zaghoul, A.A., 2004, *The Adsorption Of Cu(II) Ions On Bentonite – A Kinetic Study*, Chemistry Departement, College of Science, Women Student Medical Studies and Science Sections, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.
- Despramita, K., 2012. Penentuan Daya Jerap Bentonit Dan kesetimbangan Adsorpsi Bentonit Terhadap Ion Cu(II), *Skripsi*, Program Studi Teknik Kimia S1 Fakultas Teknik, UR.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Kheang, L.S., Foon, C.S., May, C.Y dan Ngan, M.A., 2006, A Study Of Residual Oils Recovered from Spent Bleaching Earth: Their Characteristics and Applications, *Jurnal American of Applied Sciences*, 3(10), 2063-2067.
- Kucharz, C.J., Nebergall, R.S. dan Taylor, D.R., 1994, Process for Regenerating Spent Acid-Activated Bentonite Clays and Smectite Catalysts, *US Patent No. 5,358,915*.
- Supeno, M., 2009, *Bentonit Terpilar dan Aplikasi*, Penerbit Universitas Sumatera Utara (USU Press), Medan.
- Tsai, W.T., Chen, H.P., M.F., Hsieh, Sun, H.F dan Chien S.F., 2002, Regeneration of Spent Bleaching Earth by Pyrolysis in a Rotary Furnace, *Jurnal Analytical and Applied Pyrolysis*, 63, 157-1790.
- Waldmann, C. dan Eggers, R., 1991, De-Oiling Contaminated Bleaching Clay by High Pressure

- Extraction, *Jurnal American Oil Chem. Soc.*, 68(7), 922-930.
- Wambu, E.W., Shiundu P.M., Thiongo K.J. dan Muthakia, GK.K., 2009. Kinetics of copper desorption from regenerated spent bleaching earth. *Jurnal Scientific Research*, 4(4), 317-323.
- Young, F., 1987. *Refining and fractionation of palm oil*, The Society of Chemical Industri Publication, New York, 47-51.