

Penentuan Keseimbangan Adsorpsi *Regenerated Spent Bleaching Earth* (RSBE) terhadap Ion Fe(III)

Mhd. Taufik Kurniawan¹⁾, 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

mtk91@rocketmail.com

Abstract

Spent Bleaching Earth (SBE) is a waste of palm oil refinery industry. One of the efforts to control the SBE is to be processed into Regenerated Spent Bleaching Earth (RSBE). This study aims to determine the adsorption capability of RSBE and the corresponding adsorption model on ion Fe(III). SBE processing into RSBE by extraction of oil on SBE soxhletation manner using n-hexane at a temperature of 72°C for 8 hours. Then the rest of the SBE results soxhletation washed with 3% HCl and physically activated at a temperature of 470°C. A total of 1 g RSBE mixed with a solution of Fe(NO₃)₃ with a volume of 100 ml at various concentrations (10, 15, 20, 25 and 30 ppm). The results showed that the adsorption RSBE reach equilibrium after a contact time of 150 minutes and adsorption that occurs following the Langmuir isotherm models with correlation coefficient (R^2) = 0.982 and the maximum value jerap capacity = 2.71 mg Fe (III) / g RSBE.

Keywords: adsorption, adsorption isotherms, ion Fe (III), RSBE, SBE

1. Pendahuluan

Pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi masalah yang cukup serius seiring dengan penggunaan logam berat dalam bidang industri yang semakin meningkat, seperti industri baja, industri cat dan industri kertas (Hellawell, 1986). Logam berat banyak digunakan karena sifatnya yang dapat menghantarkan listrik dan panas serta dapat membentuk logam paduan dengan logam lain (Callister, 2004). Didalamnya kemungkinan dapat mengandung berbagai logam berat seperti Cr, Zn, Pb, Cd, Fe dan sebagainya. Walaupun pada konsentrasi rendah, efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Seperti halnya sumber-sumber polusi lingkungan lainnya, logam berat tersebut dapat ditransfer dalam jangkauan yang sangat jauh di lingkungan (Jaka Purnama, 2011). Tidak seperti polutan organik yang pada beberapa kasus pencemaran dapat didegradasi, logam berat yang dibuang ke lingkungan cenderung tidak terdegradasi, tersirkulasi

dan biasanya terakumulasi melalui rantai makanan yang merupakan ancaman bagi hewan dan manusia (Chen et al., 1996).

Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air bahwa kandungan Fe dibatasi yaitu 0,3 ppm (Kepmen Lingkungan Hidup No. 82, 2001). Menurut Iskandar (2012) bahwa perairan Sungai Siak sudah mengalami pencemaran akibat logam berat. Hal ini dibuktikan dengan kandungan logam Fe, Mn, dan Zn yang telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh KLH (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (KLH) No. 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air). Untuk Fe, nilai mutu yang ditetapkan adalah lebih kecil dari 0,3 ppm, sedangkan di perairan tersebut mencapai 2,344 ppm (Iskandar, 2012).

Pada penelitian ini, digunakan *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang diregenerasi sebagai adsorben. SBE merupakan adsorben bekas pakai dari unit *bleaching*

pada industri *refinery* CPO. Pada industri ini, SBE merupakan limbah terbesar dengan jumlah berkisar 0,5-2,0% dari massa total CPO yang diolah (Young, 1987; Low dkk, 1996). Produksi CPO tiap tahun terus mengalami peningkatan, sehingga timbunan limbah ini akan terus bertambah. Padahal berdasarkan PP No. 85 tahun 1999, SBE dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya beracun (limbah B3). Karena SBE dapat menimbulkan polusi pada tanah, air maupun udara, serta dapat juga menimbulkan reaksi pembakaran akibat jenuh dengan minyak yang tertahan (Kucharz dkk, 1994).

Bleaching earth bekas atau *spent bleaching earth* (SBE) merupakan adsorben bekas pakai yang dihasilkan dari unit bleaching pada industri refining CPO. Limbah ini merupakan bahan berpotensi, karena selain kadar minyaknya cukup tinggi juga dapat di-regenerasi, sehingga dapat dimanfaatkan kembali (Young 1987, Tsai 2002, Kheang 2006, & Wambu,2009). Jika diasumsikan harga pasaran *bleaching earth* baru berkisar antara US\$ 380 - US\$ 500 per satu ton, dan harga CPO US\$ 1000 per satu ton. Oleh karena itu, harga satu ton SBE dengan kandungan minyak 20% ditaksir adalah $0.17 \times 1000 + 0.83 \times 440 = \text{US\$ } 535$. Berdasarkan hal ini, proses recovery minyak dan regenerasi pada SBE sangat perlu dilakukan, karena hal ini dapat meminimalisasi jumlah limbah sekaligus menurunkan biaya produksi di industri minyak goreng.

SBE dapat diregenerasi untuk pemanfaatan kembali (Young, 1987; Tsai dkk, 2002; Kheang dkk, 2006; Wambu dkk, 2009) sehingga dapat mengurangi masalah limbah B3. Hasil dari SBE yang telah diregenerasi tidak cocok digunakan kembali untuk pengolahan CPO kemungkinan mengandung Ni (Maes et al., 1993). SBE regenerasi dapat digunakan untuk keperluan seperti katalis, penukar ion, konstruksi bangunan dan perekat pasir cetak (Supeno, 2009). Kemudian juga

dapat digunakan sebagai adsorben logam-logam berat pada limbah.

Pada penelitian ini, SBE diregenerasi terlebih dahulu sebelum digunakan pada proses adsorpsi ion Fe (III). Dengan melakukan penelitian ini diharapkan SBE dapat dijadikan bahan yang bernilai ekonomis, dan dimanfaatkan untuk mengurangi masalah logam Fe (III) yang dihadapi oleh industri, dan peran serta industri untuk meningkatkan perlindungan dan pelestarian fungsi lingkungan hidup.

2. Metode Penelitian

Pembuatan RSBE dilakukan dengan beberapa tahap yaitu *screening*, ekstraksi minyak, pencucian dan aktivasi. Mula-mula SBE digerus menggunakan lumpang kemudian *discreening* agar diperoleh ukuran partikel 100 *mesh*. 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 dimasukkan ke dalam tabung soklet dan pelarut n-heksana dimasukkan dari mulut tabung soklet sampai terisi penuh ± 500 ml. Setelah itu dilakukan proses sokletasi selama 8 jam dengan suhu 72°C.

Pada tahap pencucian digunakan Larutan HCl 3%, dikontakkan dengan sisa SBE pada proses sokletasi di dalam gelas kimia dengan rasio SBE/HCl 1:10 (b/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 dan *aquadest*.

SBE yang telah dicuci kemudian diaktivasi dengan menggunakan furnace dengan suhu 470°C selama 12 jam. Kemudian hasil regenerasi ini (RSBE) siap diuji daya adsorpsi dengan menggunakan ion Fe(III).

Proses adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE dilakukan secara *batch*. Untuk penentuan waktu kesetimbangan larutan

Fe(III) dengan konsentrasi 10 ppm dengan volume 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan jumlah massa RSBE 1 gr. Campuran ini diaduk dengan *shaker* berkecepatan 280 rpm dengan variasi waktu 0.5 jam, 1 jam, 1.5 jam, 2 jam, 2.5 jam, 3 jam, 3.5 jam 4 jam, 4.5 jam dan 5 jam. Setelah itu, dipisahkan padatan(RSBE) dengan cairan Fe(III). Konsentrasi ion Fe(III) ditentukan dengan AAS, kemudian dihitung daya jerapnya.

Setelah ditentukan waktu kesetimbangan larutan Fe(III) dengan variasi konsentrasi 10, 15, 20, 25 dan 30ppm dengan volume 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan jumlah massa RSBE 1 gr. Campuran ini diaduk dengan *shaker* berkecepatan 280 rpm dan menggunakan waktu kesetimbangan yang telah diperoleh pada percobaan 3.3.3. Setelah itu, dipisahkan padatan(RSBE) dengan cairan Fe(III). Konsentrasi ion Fe(III) setelah proses adsorpsi ditentukan panjang gelombangnya dengan AAS untuk menentukan daya jerap RSBE.

Untuk penentuan model isoterm adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE, data yang diperoleh pada percobaan 3.3.4 diolah sesuai dengan ketentuan adsorpsi isoterm.

Pengujian model isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan cara pembuatan kurva log Q_e terhadap log C_e , pengujian model isoterm Langmuir dilakukan dengan pembuatan kurva $1/Q_e$ terhadap $1/C_e$, dan pengujian model isoterm BET dilakukan dengan pembuatan

kurva $\frac{C_e}{Q_e(1-\frac{C_e}{C_0})}$ 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).

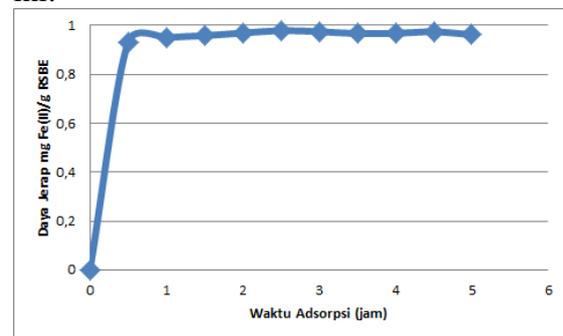
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Waktu Kesetimbangan

Penentuan waktu kesetimbangan bertujuan untuk mengetahui penjerapan ion Fe(III) oleh RSBE sudah stabil atau konstan. Percobaan ini bertujuan untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan ion Fe(III) oleh RSBE. Percobaan dilakukan dengan mengontakkan larutan ion Fe(III) 10 ppm dengan adsorben RSBE menggunakan *shaker* dengan kecepatan pengadukan 280 rpm. Waktu kesetimbangan diperoleh jika tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat pada sampel. Untuk mendapatkan waktu kesetimbangan dilakukan pengambilan sampel tiap rentang 30 menit sampai 300 menit.

Waktu kesetimbangan adsorpsi merupakan waktu tidak terjadi lagi penjerapan ion Fe(III) oleh RSBE atau daya jerap RSBE 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 kesetimbangan diambil pada waktu tercapainya kesetimbangan.

Kurva penentuan waktu kesetimbangan ion Fe(III) pada RSBE dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1. Kurva Penentuan Waktu Kesetimbangan pada Larutan Ion Fe(III) 10 ppm

Pada gambar 3.1 dapat dilihat pada waktu adsorpsi 2,5 jam telah terjadi kesetimbangan adsorpsi yang mana daya jerap RSBE sudah tidak berubah

dibandingkan dengan pada waktu adsorpsi 2 jam, 3 jam dan 3.5 jam, berdasarkan hal ini dapat disimpulkan waktu adsorpsi 150 menit keadaan kesetimbangan adsorpsi ion Fe(III) oleh RSBE telah tercapai, karena pada waktu tersebut daya jerap RSBE terhadap ion Fe(III) tidak berubah. Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses kesetimbangan, karena terjadinya peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Waktu ketika laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi disebut dalam keadaan setimbang.

3.2 Proses Adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE

Hasil penentuan konsentrasi Fe(III) sebelum dan setelah adsorpsi pada RSBE yang ditentukan pada waktu kesetimbangan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil penentuan Adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE pada beberapa Konsentrasi ion Fe(III)

Konsentrasi ion Fe(III) sebelum Adsorpsi (ppm)	Konsentrasi ion Fe(III) setelah Adsorpsi (ppm)	Jumlah ion Fe(III) yang teradsorpsi pada RSBE (%)
10	0,211	97,89
15	0,524	96,51
20	1,023	94,89
25	1,558	93,77
30	4,064	86,45

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin meningkat konsentrasi adsorbat (ion Fe(III)), maka kemampuan adsorpsi RSBE semakin menurun, sampai tercapai kapasitas jerap adsorben maksimum. 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 Fe(III), pada konsentrasi ion Fe(III) dari 10-25 ppm penurunan daya jerap

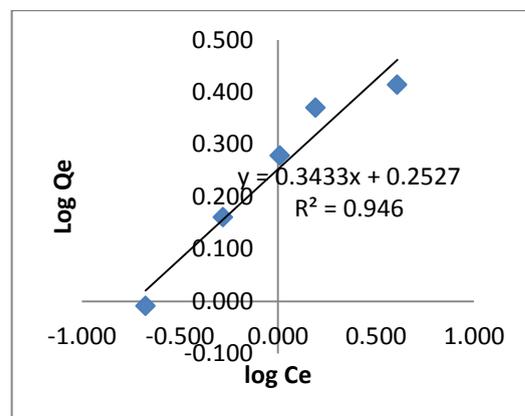
RSBE terhadap ion Fe(III) tidak signifikan, tetapi pada konsentrasi ion Fe(III) 25-30 ppm terjadi penurunan persentase adsorpsi yg cukup signifikan yaitu 6,32.

3.3 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE dilakukan dengan metode regresi linier, sesuai dengan ketentuan isoterm Freundlich, Langmuir dan BET. Hasil pengolahan data menurut model isoterm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Model Isoterm Freundlich

Co	Ce	Qe	log Ce	log Qe
10	0,211	0,979	-0,676	-0,009
15	0,524	1,448	-0,281	0,161
20	1,023	1,898	0,010	0,278
25	1,558	2,344	0,193	0,370
30	4,064	2,594	0,609	0,414

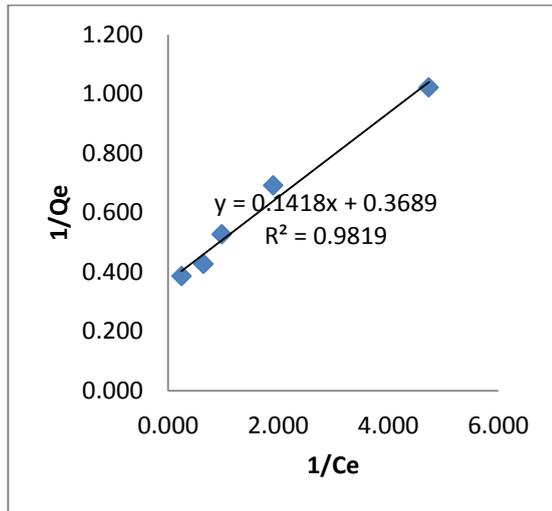


Gambar 3.2 Kurva Hubungan log Qe terhadap log Ce

Hasil pengolahan data menurut model isoterm Langmuir dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3 Model Isoterm Langmuir

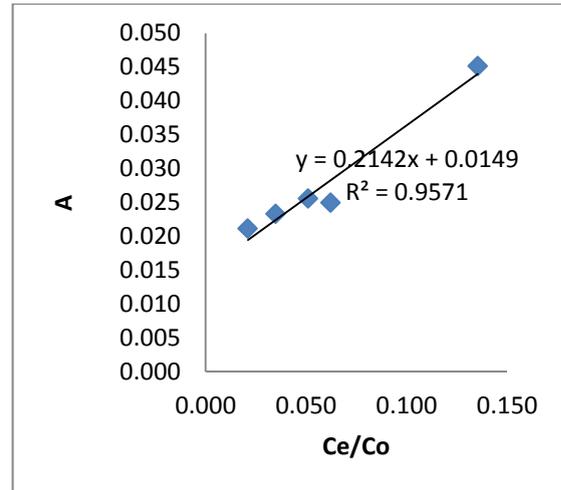
Co	Ce	Qe	1/Ce	1/Qe
10	0,211	0,979	4,739	1,022
15	0,524	1,448	1,908	0,691
20	1,023	1,898	0,978	0,527
25	1,558	2,344	0,642	0,427
30	4,064	2,594	0,246	0,386



Gambar 3.3 Kurva Hubungan 1/Qe terhadap 1/Ce
Hasil pengolahan data menurut model isoterm BET dapat dilihat pada Tabel 4:

Tabel 4 Model Isoterm BET

Co	Ce	Qe	Ce/Co	A
10	0,211	0,979	0,021	0,021
15	0,524	1,448	0,035	0,023
20	1,023	1,898	0,051	0,026
25	1,558	2,344	0,062	0,025
30	4,064	2,594	0,135	0,045



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 5.

Tabel 5 Perbandingan Hasil Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Parameter	Freundlich	Langmuir	BET
R ²	0,946	0,982	0,957
Qo		2,71	2,8
K	-0,6	2,6	29,75

Keterangan:

R²= Koefisien Relasi

Qo= Kapasitas jerap maksimum adsorben terhadap adsorbat (mg Fe(III) / gr RSBE)

K= Kesetimbangan Adsorpsi

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat perbandingan nilai koefisien relasi (R²) dari tiga model isoterm adsorpsi yaitu Freundlich, Langmuir dan BET, maka dapat disimpulkan bahwa model isoterm adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE sesuai dengan model isoterm adsorpsi Langmuir karena nilai R² paling tinggi. Oleh karena itu proses adsorpsi ion Fe(III) terhadap RSBE merupakan adsorpsi kimia dan adsorpsinya berbentuk monolayer.

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 Fe(III) oleh RSBE bersifat monolayer dan jenis adsorpsinya adalah adsorpsi kimia yaitu pertukaran ion. Nilai R^2 pada Isoterm Freundlich, Langmuir dan BET pada dasarnya mendekati 1, isoterm Langmuir mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara kimia sedangkan isoterm Freundlich mengasumsikan adsorpsi secara fisika. Sebagai perbandingan, beberapa hasil penelitian adsorpsi yang telah dilakukan peneliti lain memperoleh hasil bahwa kesetimbangan adsorpsi Cu(II) dengan bentonit asal Arab Saudi juga sesuai dengan model kesetimbangan Langmuir (Al-Qunaibit MH., et al., 2004).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Limbah SBE dapat dimanfaatkan sebagai adsorben.
2. Waktu kesetimbangan adsorpsi ion Fe(III) pada RSBE tercapai pada waktu adsorpsi 150 menit. Kapasitas jerap maksimum diperoleh sebesar 2,71 mg Fe(III)/gr RSBE.
3. Adsorpsi Fe(II) oleh RSBE sesuai dengan model isoterm Langmuir, yaitu adsorpsi kimia.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang penentuan daya jerap RSBE dengan kondisi operasi yang berbeda agar didapatkan daya jerap RSBE yang lebih optimum.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ahmad bin Jusoh. Et. al., 2005. Study on the Removal of Iron and Manganese in Groundwater by

Granular Activated Carbon. Santa Margherita – Italia: Elsevier.

- Aulia, B., 2013, Regenerasi Spent Bleaching Earth (SBE) dan Aplikasinya pada Adsorpsi Ion Cu(II), *Skripsi*, Universitas Riau.
- Callister, W.D., 2004, *Fundamental of Materials Science and Engineering*, JohnWiley & Sons, Inc, United States of America.
- Chasteen, T.G., 2000. *Atomic Absorption Spectroscopy*, Texas, Departemen of Chemistry, Sam Houston State University.
- Fikri, M.E. dan Kusumadewi, R., 2006, Regenerasi Bentonit Bekas Secara Kimia Fisika Dengan Aktifator Asam Klorida Dan Pemanasan Pada Proses Pemucatan CPO, *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Hellawell, J.M., 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Pollution Monitoring Series*. London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Inarce, S., dan Ginting, S., 2007, Evaluasi Kondisi Regenerasi Bentonit Bekas Sebagai Adsorben pada Proses Pemucatan Crude Palm Oil (CPO), *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Iskandar, J., Dahiyat, Y., 2012, Keanekaragaman Ikan di Sungai Siak Riau, *Skripsi*, Universitas Padjajaran.
- Joifatmat dan Ginting, S., 2007, Rasio Bentonit Bekas Pada Regenerasi Bentonit Bekas Dengan Pengekstraksi KOH pada Proses Pemucatan Crude Palm Oil (CPO), *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Ketaren, S., 1986, *Minyak dan Lemak Pangan*, UI-Press, Jakarta.
- Khasanah, E.N., 2009, Adsorpsi Logam Berat, *Jurnal Oseana*, XXXIV (4), 1-7.
- 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*.
- Noll, K. E., Gaurnaris, V., Hou, W. S., 1992, *Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control*, pp 1-8, Lewis Publisher Inc, Michigan.
- Supeno, M., 2009, *Bentonit Terpilar dan Aplikasi*, USU Press, Medan, 25-35.
- 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.