

Kemampuan Kulit Buah Kakao (*Theobromacacao*) Sebagai Biosorben Ion Logam Hg(II) dan Ni(II)

Yuli Yetri¹, Rahmi Hidayati²

Politeknik Negeri Padang

yuliyetrietri@gmail.com

Abstract

Thebiosorption of Hg (II) and Ni (II) ions has been investigated using the peels of cacao (Theobroma cacao) with variation of contact time, pH, and concentration. Concentrations of Hg (II) and Ni (II) ions before and after biosorption were determined using by Spectrophotometer UV-Vis. Determination of isotherm adsorption pattern of Hg and Ni metals using Langmuir and Freundlich adsorption isotherms. The results showed that the peels of cacao (Theobroma cacao) was able to adsorp Hg (II) and Ni (II) ions and the optimum adsorption occurred at 90 minutes contact time for Hg (II) ion with 97.96% uptake and 20 min for Ni (II) ions with an absorption rate of 8.2 mg/gram at pH 5. The adsorption isotherm pattern follows the Langmuir and Freundlich isotherms but tends to isotherm Langmuir. The functional groups involved in the biosorption of Hg (II) and Ni (II) ions by the peels of the cacao (Theobroma cacao) are the -OH and N-H groups.

Keywords: Biosorption, Isotherm Langmuir; Hg(II), Ni(II), Theobroma cacao peels

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini memicu juga pembangunan yang pesat pada berbagai bidang seperti: transportasi, rumah tangga, industri, dan bahkan kesehatan. Kemajuan teknologi tersebut dapat memberikan memberikan positif dampak, tetapi dapat juga berdampak negatif, berupa kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah logam berat tanpa pengolahan terlebih dahulu (Abdullah dkk.,2005). Logam berat yang dibuang ke alam tidak dapat diurai oleh mikroorganisme, tetapi dapat terakumulasi dalam tubuh manusia dan mengakibatkan kerusakan organ-organ tubuh (Omundi dkk, 2010). Salah satu logam berat yang merupakan polutan lingkungan yang berasal dari kegiatan industri adalah Nikel (Ni) dan merkuri Hg (Aslam dkk., 2010). Nikel banyak digunakan pada industri peralatan dapur, ornament rumah dan gedung serta komponen industri. Sedangkan Hg banyak ditemukan dalam air sungai yang dikonsumsi masyarakat merupakan limbah dari pendulangan emas yang menggunakan merkuri untuk mengikatnya. Selain sebagai logam esensial, merkuri dan nikel berbahaya terhadap manusia, jika konsentrasinya berada di atas standar baku mutu yakni di atas 0,05ppm. Berbagai penyakit yang akut dan kronik dapat timbul pada manusia seperti kerusakan paru-paru dan gangguan pada ginjal (Axtell dkk., 2003). Logam merkuri berada dalam bentuk senyawa merkuri organik seperti metil- merkuri, sekitar 90% diabsorpsi oleh dinding usus, hal ini jauh lebih besar dari pada bentuk senyawa merkuri anorganik (HgCl₂) yang hanyasekitar 10%.

Beberapa teknologi telah dikembangkan untuk menghilangkan logam berat dalam perairan seperti presipitasi, filtrasi membran, pertukaran ion, serta kopresipitasi. Namun metode tersebut memiliki beberapa kekurangan seperti penghilangan logam yang tidak sempurna, peralatan yang mahal, serta kerugian yang disebabkan oleh produksi endapan kimia yang beracun dan pengolahan limbah menjadi tidak ramah lingkungan (Ansari dkk.,2011). Biosorpsi merupakan metode alternatif untuk menghilangkan logam berat dari perairan karena menggunakan bahan biomaterial yang mudah didapatkan, ramah lingkungan dan biayanya relatif murah (Alluri dkk.,2007). Seperti: bagasse sebagai adsorben logam berat Pb(II) (Abdullah dkk., 2005), (Gupta dkk., 1998).

Unripe grape untuk bioadsorben ion logam berat (Ansari dkk., 2011). *Theobroma cacao* shell sebagai penyerap rhodamin-B (Theirevasu dan Mylsami, 2010), palm shell untuk adsorben logam Pb (Onundi dkk., 2010), *Aspergillus* untuk menyerap dye tekstil (Akar, 2009), serta sugar cane untuk menyerap ion logam Cu(II) dan Zn(II) (Amin, 2008)). Arang aktif dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) berfungsi untuk adsorben logam berat Cd(II) (Malimomgan, 2013),

Buah kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu hasil perkebunan yang menghasilkan limbah berupa kulit dengan jumlah yang besar. Sejauh ini kulit buah kakao di perkebunan-perkebunan besar digunakan sebagai pupuk atau pemberi nutrisi pada tanaman dan sebagai pakan ternak (Wisri dkk, 2014), inhibitor korosi baja (Yetri Y et al, 2015). Kulit buah kakao beratnya mencapai 75% dari seluruh berat buah, dan 25 % adalah biji dan plasenta. Kulit buah kakao (*Theobromacacao*) mengandung selulosa, pektin, dan lignin yang berpotensi mengikat logam berat seperti logam Hg dan nikel dalam larutan (Fitri, dkk, 2016).

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan diatas maka peneliti membuat adsorben dari kulit buah kakao yang digunakan untuk mempelajari kemampuan kulit buah kakao dalam mengikat ion Hg(II) dan Ni(II), sekaligus menentukan kondisi optimum adsorpsi meliputi massa adsorben dan waktu adsorpsi serta menentukan pola isotherm adsorpsi.

2. BAHAN DAN METODE

Preparasi Adsorben

Pada tahap preparasi ini, kulit buah kakao dipotong kecil-kecil, dicuci dengan air mengalir dan aquades agar kulit kakao benar-benar bersih. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering dioven pada suhu 50°C selama 20 jam, dan digiling dengan mesin gerinda lalu diayak dengan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh serbuk kulit buah kakao dengan warna coklat muda, tekstur halus dan berukuran seragam.

Aktivasi adsorben dilakukan dengan cara mencampur adsorben sebanyak 60 gram dengan 396 mL HNO₃ 0,6M, kemudian dikocok dengan *shaker* selama 30 menit dengan kecepatan 70 rpm. Kemudian, campuran disaring dan residu dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 100°C lalu didinginkan. Selanjutnya residu tersebut direndam dalam aquades panas untuk menghilangkan kelebihan asam kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam sehingga diperoleh adsorben kulit buah kakao yang kering dan berwarna coklat tua. Selanjutnya dipreparasi larutan baku Hg(II) dan Ni(II) dibuat 1000 ppm. Larutan baku tersebut dipipet 100 mL dan diencerkan sampai volume 1 L untuk membuat larutan baku 100 ppm. Setiap percobaan dilakukan secara duplo.

3. PROSEDUR PENELITIAN

Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Hg(II) dan Ni(II) oleh Kulit Buah Kakao

Serbuk kulit buah kakao yang bersih dan kering dimasukkan masing-masing sebanyak 0,2 gram ke dalam 20 buah labu erlenmeyer ukuran 100 mL. 10 erlenmeyer ditambahkan 50 mL larutan ion Hg(II) dan 10 erlenmeyer lainnya ditambahkan 50 mL larutan Ni(II) dengan konsentrasi 100 ppm dan dikocok dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Percobaan diulang untuk waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Kemudian campuran disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur absorbansinya dengan SSA.

Serbuk kulit kakao (*Theobromacacao*) sebanyak 0,2 gram ditambahkan ke dalam 50 mL larutan ion Hg(II) dan Ni(II) dengan konsentrasi 100 ppm dan pH 2. Campuran diaduk selama 10 menit dan disaring. Absorbansi filtrate diukur dengan spectrometer UV-Vis. Percobaan dilakukan mulai dari pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.

Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Hg(II) dan Ni(II) oleh Kulit Buah Kakao

Serbuk kulit buah kakao yang bersih dan kering dimasukkan masing-masing sebanyak 0,2 gram ke dalam 10 buah erlenmeyer ukuran 100 mL. Selanjutnya 5 erlenmeyer dimasukkan 50 mL larutan ion Hg(II) dan 5 erlenmeyer ditambahkan ion Ni(II) dengan konsentrasi 50, 100, 150, 250, dan 400 ppm. Campuran tersebut diaduk selama 10 menit pada pH 5, kemudian disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur absorbansinya dengan SSA. Kadar Hg(II) dan Ni(II) dalam larutan sebelum adsorpsi juga diukur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Ion Hg(II) dan Ni(II) oleh Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*)

Untuk menentukan waktu kontak optimum pada penelitian ini dilakukan pada variasi waktu yaitu pada waktu kontak 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit dengan konsentrasi awal 2 ppm, volume adsorbat 50 mL dan massa adsorben 0,20 gram. Hubungan antara waktu kontak adsorben kulit buah kakao terhadap kadar terjerap ion Hg(II) dan Ni(II) ditunjukkan pada Tabel 1.

Waktu optimum biosorpsi ion Hg(II) dan Ni(II) oleh kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) ditentukan dengan menghitung jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi sebagai fungsi waktu. Jumlah ion Hg(II) yang diadsorpsi meningkat dari menit ke-10 hingga menit ke-30 dan Ni(II) yang diadsorpsi meningkat dari menit ke-10 hingga menit ke-20. Setelah itu jumlah yang teradsorpsi cenderung konstan bahkan mengalami penurunan. Jadi waktu pengadukan 30 menit merupakan waktu optimum yang didapatkan dengan jumlah ion Hg(II) yang diadsorpsi sebesar 97,96% dan 20 menit waktu optimum untuk ion Ni(II) yang diadsorpsi 93,02 % (8,6 mg/g) seperti terlihat pada Tabel 1. Waktu optimum ini digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

Data ini menunjukkan bahwa adsorpsi ion Hg(II) dan Ni(II) oleh kulit buah kakao mengalami peningkatan dengan semakin lamanya waktu kontak yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Apabila waktu optimum sudah tercapai berarti jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang teradsorpsi telah maksimal dan setelah itu jumlah ion yang teradsorpsi tidak mengalami peningkatan. Waktu optimum biosorpsi ion Hg(II) dan Ni(II) pada beberapa penelitian lain menunjukkan hasil yang berbeda-beda, bergantung pada jenis bio-sorben yang digunakan dan cara mengaktifkannya.

Waktu optimum yang diperoleh pada penelitian biosorpsi ion Ni(II) dan Cd(II) menggunakan jerami padi yang dilakukan oleh El-Sayed dkk., (2010) adalah 90 menit untuk ion Ni(II). Amaliah dkk., (2012) dalam penelitian pemanfaatan biomassa arang sebagai biosorben ion Ni(II) juga memperoleh waktu optimum 90 menit. Sedangkan waktu optimum pada penelitian adsorpsi Ni(II) menggunakan karbon aktif tempurung kelapa yang dilakukan oleh Onundi dkk., (2010) adalah 75 menit. Perbedaan waktu optimum pada proses biosorpsi bergantung pada kandungan senyawa yang terdapat pada permukaan biosorben (Amin dkk, 2008), (Hanissa, 2008).

Tabel 1. Jumlah ion logam yang diadsorpsi (mg/gram) variasi waktu

No	Waktu (menit)	Jumlah ion logam yang diadsorpsi (mg/gram)	
		Hg(II)	Ni(II)
1	0	0	0
2	10	8,5	7,3
3	20	8,9	8,2
4	30	9,2	7,6
5	40	8,9	7,4
6	50	8,2	6,9

Waktu optimum adalah waktu untuk mencapai kesetimbangan yaitu ketika gugus fungsi pada biosorben telah mengikat ion logam secara maksimal dan setelah kesetimbangan tercapai ikatan antara gugus aktif pada permukaan biosorben dan ion logam melemah sehingga proses desorpsi terjadi. Interaksi antara gugus fungsi pada permukaan biosorben kulit buah kakao dengan ion Hg(II) dan Ni(II) mencapai kondisi kesetimbangan pada waktu 30 menit dan 20 menit. Setelah kondisi kesetimbangan tercapai jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi menurun, karena ikatan antara ion Hg(II) dan Ni(II) dengan gugus fungsi pada permukaan biosorben semakin melemah dan akhirnya lepas kembali ke dalam larutan. Waktu yang diperlukan relatif cepat karena ion Hg(II) dan Ni(II) teradsorpsi secara kimia membentuk lapisan di permukaan biosorben dan setelah lapisan permukaan tertutupi maka tidak mampu lagi mengadsorpsi ion Ni(II) secara maksimal (Malimomgam M, dkk., 2013).

Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Hg(II) dan Ni(II) oleh Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*)

pH larutan adalah salah satu faktor penting dalam biosorpsi ion logam selain waktu. Pengaruh perubahan pH dalam biosorpsi ion Hg(II) dan Ni(II) oleh kulit buah kakao ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah ion logam yang diadsorpsi (mg/gram) variasi pH

No	pH	Jumlah ion logam yang diadsorpsi (mg/gram)	
		Hg(II)	Ni(II)
1	1	0	0
2	2	8,5	7,3
3	3	8,9	7,8
4	4	9,2	8,2
5	5	8,9	8,6
6	6	8,2	6,9
7	7	7,9	5,3

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi sedikit pada pH rendah, dan meningkat seiring dengan peningkatan pH larutan hingga mencapai optimum pada pH 5 dengan jumlah ion Hg(II) yang terserap sebesar 97, 96% Ni(II) sebesar 8.6 mg/g. Pengaruh pH berkaitan dengan fakta bahwa dalam suasana asam terjadi kompetisi antara ion logam dan ionH^+ yang menyebabkan pengikatan ion logam berkurang. Dengan peningkatan pH, tolakan elektrostatis menurun akibat dari penurunan kepadatan muatan positif pada permukaan biosorben sehingga mengakibatkan peningkatan adsorpsi logam (Amaliah dkk., 2012). Jumlah ion Hg(II) yang diadsorpsi menurun pada pH 5-7 dan Ni(II) yang diadsorpsi menurun pada pH 6-7 karena kompleks hidroksil terlarut dari ion merkuri nikel terbentuk (Ahmad dkk., 2009). Merkuri dan Nikel yang tidak berada lagi dalam bentuk ionnya sulit berikatan dengan gugus aktif pada permukaan biosorben kulit buah kakao akibatnya jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi menurun (Sreelatha, 2008).

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Massa adsorben adalah salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian pengaruh massa adsorben yang dilakukan pada 6 variasi massa adsorben yaitu pada variasi massa 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; dan 0,30 gram dengan konsentrasi awal 2 ppm, volume adsorbat 50 mL, dan waktu kontak 30 menit. Grafik hubungan antara massa adsorben kulit buah kakao terhadap kadar terjerapnya ion Hg(II) dan Ni(II) ditunjukkan pada Tabel 1.

Kapasitas Biosorpsi Ion Hg(II) dan Ni(II) oleh Kulit Buah Kakao

Jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi (q_e) sebagai fungsi konsentrasi ditentukan untuk menghitung kapasitas biosorpsi. Pengaruh konsentrasi ion Hg(II) dan Ni(II) dalam proses biosorpsi ditunjukkan pada Tabel 3. Hubungan antara q_e dan C_e pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah ion Hg(II) dan Ni(II) yang diadsorpsi meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat.

Tabel 3. Hubungan antara jumlah ion Hg(II) waktu kontak 5 menit dan Ni(II) waktu kontak 10 menit yang diadsorpsi (q_e) oleh kulit buah kakao dengan konsentrasi larutan (C_e) pada kesetimbangan (pH = 5)

No	Konsentrasi (mg/L)	Jumlah ion logam yang diadsorpsi (mg/gram)	
		Hg(II)	Ni(II)
1	0	0	0
2	100	7,3	7,3
3	200	8,4	8,2
4	300	10,1	8,6
5	400	12,4	9,4
6	500	12,9	9,9

Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah hubungan antara jumlah zat yang diadsorpsi dan konsentrasi kesetimbangan pada temperatur tertentu (Sreelatha, dkk., 2008). Dalam penelitian ini dianalisis dengan 2 pola adsorpsi, yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich, dengan variasi konsentrasi yaitu 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 ppm. Volume adsorbat 50 mL, dan massa adsorben kulit buah kakao 0,20 gram dengan waktu pengontakan 10 menit untuk Hg(II) dan 20 menit untuk Ni(II). Isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah jenis adsorpsi kimia sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara fisika (Rozaini dkk., 2016). Berdasarkan kedua persamaan tersebut kemudian dibandingkan harga koefisien determinasi (R^2) masing-masingnya. Persamaan dengan harga R^2 yang lebih besar, menunjukan sistem adsorpsi yang dominan pada persamaan.

Berdasarkan grafik adsorpsi diketahui bahwa ion Ni(II) dari persamaan isotherm Langmuir memiliki $R^2 = 0,962$ dan persamaan isoterm Freundlich memiliki $R^2 = 0,939$. Sedangkan ion Hg(II) dari persamaan isotherm Langmuir memiliki $R^2 = 0,962$ dan dari persamaan isoterm Freundlich memiliki $R^2 = 0,939$. Jika dilihat dari harga R^2 dari persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich untuk kedua ion tersebut tidak jauh berbeda maka adsorpsi ion logam oleh adsorben kulit buah kakao mengikuti isotherm Langmuir dan Freundlich. Namun proses adsorpsi tersebut cenderung mengikuti isotherm Langmuir karena harga R^2 isotherm Langmuir lebih besar dari pada harga R^2 isotherm Freundlich. Hal ini dapat diartikan bahwa interaksi yang terjadi adalah secara kimia dan fisika tetapi cenderung secara kimia. Diperkirakan proses adsorpsi yang terjadi secara kimia yaitu melalui interaksi ion logam dengan gugus -OH yang terdapat dalam selulosa dari adsorben kulit buah kakao tersebut. Interaksi antara gugus-OH pada selulosa dengan ion logam inilah yang menyebabkan kadar ion logam dalam larutan dapat mengalami penurunan (terjadi proses adsorpsi secara kimia). Sedangkan proses adsorpsi yang terjadi secara fisika yaitu ion logam hanya menempel pada permukaan selulosa saja dan terikat tidak kuat sehingga mudah lepas (Mittal, 2007).

5. KESIMPULAN

Dari serangkaian penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) dapat dijadikan adsorben untuk logam berat Hg dan Ni. Waktu optimum biosorpsi ion Hg(II) adalah 10 menit dan Ni(II) 20 menit, dan pH optimum untuk berlangsungnya biosorpsi ion Hg(II) dan ion Ni(II) oleh kulit buah kakao masing-masing adalah pH 4 dan 5. Pola isotherm adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir dan Freundlich tetapi cenderung isotherm Langmuir, dengan nilai kapasitas biosorpsi 0,28 mmol/gram untuk Hg(II) dan 0,21 mmol/g untuk Ni(II). Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion Hg(II) dan Ni(II) oleh kulit buah kakao adalah gugus -OH dan N-H.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah,A.G.L.,Salleh,M.A.M.,Mazlina,M.K. S., Noor,M.J. M.M.,Osman,M.R.,Wagiran,R., dan, Sobri, (2005), S.,Azo dye removal by adsorption using waste biomass: Sugarcane bagasse. *Int. J. Eng. Technol.*,2(1),8-13.
- Ahmad,A.,Rafatullah, M.,SulaimanO., Ibrahim,M.H., Chii, Y.Y., dan Siddique, B.M.,(2009), Removal Of Cu(Ii) and Pb(Ii) Ions from Aqueous Solutions by Adsorption on Sawdust of Meranti Wood, *Desal*, **250**, 300-310.
- Akar,S.T.,Akar,T.andCabuk,A.,(2009), Decolorization of atextile dye Reactive red 198(RR198), by*Aspergillus parasiticus* fungsi biosorbent.*Brazilian Journal ofChemical Engineering*, 26(02), 399-405.
- Alluri, H.K., Ronda, S.R., Settaluri, V.S., Singh, Bondili, J.S., Suryanarayan, V., and Venkateshwar,P., (2007), Biosorption: An Eco-friendly Alternative for Heavy Metal Removal, *Afr. J.Biotechnol.*, **6**(25):2924- 2931.
- Amaliah,R.,La Nafie, N., andFauziah, S., (2012), Pemanfaatan Karang sebagai Biosorben Ion Logam Ni(II),*Mar. Chim.Acta.*,**13**(1): 36-45.
- Amin,K.N., (2008), Removal of reactive dye from aqueous solution by adsorption onto activated carbons prepared from sugar cane bagasse pith.*Desalination*, 223,152-161.
- Ansari,R.,Khan,A.M.and Mosayebzadeh,Z., (2011), Application of unripe grape juice waste asan efficient low cost biosorbent for dye removal. *Annals of Biological Research*,2(5),323-328.
- Aslam,M.Z.,Shahid, N.R.,danFeroze, N., (2010), Ni(II) Removal By BiosorptionUsing *Ficus Religiosa* (Peepal) Leaves, *J. Chil. Chem. Soc.*, **55**(1):81-84.
- Axtell, N.R., Sternberg, S.P.K., and Claussen, K., (2003), Lead and Nickel Removal Using *Microspora* and *Lemna Minor*, *Bioresour.Technol.*,**89**: 41-48.
- El-Sayed, G.O., Dessouki H.A., and Ibrahim S.S.,(2010), Biosorption of Ni(II) and Cd(II) Ions from Aqueous Solutions onto Rice Straw,*Chem. Sci. J.*, 1-11.
- Gupta,V.K., Sharma,S.,Yavad,I.S.,& Mohan,D.(1998).Utilization ofbagasse FlyAshGeneratedin theSugar Industry for Removal and Recovery of Phenol and p.nitrophenol from Waste water, *J. Chem Technol Biotechnol*, 7(1),180-186.
- Hamissa,A.M.,Ncibi,M.C.,Mahjou band Seffen, M., Biosorption of metal dye from aqueous solution onto *Agaveamericana* (L.) leaves. *Int.J.EnvIRON.Sci.Tech.*,5(4),501-508(2008).
- Malimongan, M., Nafie, N. L., Taba, P., (2013), Pemanfaatan Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao*) Sebagai Biosorben Ion Logam Ni(II), Skripsi.
- Mittal, A.,Kurup,L.and Mittal,J.,Freundlich and Langmuir adsorption isotherms and kinetics for the removal of Tartrazine from aqueous solutions using henfeathers. *J.Hazardous Materials*,146, 243-248(2007).
- Onundi, Y. B., Mamun, A. A., Al- Khatib, M. F., and Ahmed, Y. M., 2010, Adsorption of copper, nickel and lead ions from synthetic semiconductor industrial wastewater by palm shell activated carbon, *Int. J. Environ.Sci.Tech.*,**7**(4):751-758.

- Rozaini,C.A.,Jain,K., Tan,K.W.,Tan, L.S., Azraa,A.,and Tong,K.S., 2010, Optimization of Nickel and Copper Ions Removal by Modified Mangrove Barks, *Int.J. Chem.Eng. Appl.*, **1**(1): 84-89.
- Sreelatha,G.and Padmaja,P.,(2008) Study of removal of cationic dyes using palm shell powder adsorbent.*J.Environmental Protection Science*, 2, 63-71.
- Theivarasu,C and Mylsamy,S., (2010, Equilibrium and kinetic adsorption studies of Rhodamine-B from aqueous solutions using cocoa (*Theobroma cacao*) shell as a new adsorbent. *International J. Engineering, Science and Technology*,2(11),6284-6292.
- Yetri Y, Emriadi, N. Jamarun, Gunawarman, (2015), Corrosion Inhibitor of Mild Steel by Polar Extract of *Theobroma cacao* Peels in Hydrochloric Acid Solution, *Asian Journal of Chemistry*.,9(1), pp. 875-881, 2015.
- Wisri Puastuti dan Susana IWR, (2014), Potensi Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Sebagai Pakan Alternatif Ternak Ruminansia, *Wartazoa*, vol.24, no.3, 151-159.

