

Penentuan Model Keseimbangan Adsorpsi Ion Fosfat (PO_4^{-3}) Menggunakan Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Variasi Massa Arang Aktif dan Kecepatan Pengadukan

Ira Tri Asi Br. Nainggolan¹⁾, Syamsu Herman²⁾, Silvia Reni Yenti²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Laboratorium Biokimia

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

E-mail: iratri.asi@gmail.com

ABSTRACT

One of contamination of laundry liquid waste containing phosphate causes negative impact on society lives. One of efforts to reduce phosphate in laundry waste is adsorption process. The purpose of this study is to find out the effect of absorbent active charcoal mass from the corn cobs and stirring speed and to determine the equilibrium model for phosphate adsorption. First, to determine the equilibrium time with 2 grams of active charcoal in a beaker glass with Na_3PO_4 solution (100 mL) with 200rpm stirring speed, equilibrium time has been obtained before other variables. The more active charcoal mass of corn cobs and stirring speed of adsorption, the less remaining of phosphate concentration. At 100 rpm speed, 1 gram mass, 2 grams and 3 grams of phosphate concentration after 7,105 ppm, 5,521 ppm, 5,015 ppm absorption. At 200 rpm stirring speed for 1 gram mass, 2 grams and 3 grams of phosphate concentration after 7,065 ppm, 4,474 ppm and 2,134 ppm. At 300 rpm stirring speed for 1 gram mass, 2 grams and 3 grams of phosphate concentration after 5,140 ppm, 3,121 ppm and 2,090 ppm absorption. The mechanism of phosphate adsorption of corn cobs active charcoal powder is compatible with Freundlich Isotherm model which represents the physical adsorption with (R^2) 0,999 factor correlation value.

Keywords : adsorption, active charcoal, laundry waste, phosphate, equilibrium model.

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Pada saat ini kualitas air banyak tercemar karena kerusakan lingkungan perairan yang sudah tercemar oleh bermacam-macam limbah hasil kegiatan

manusia. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui adanya pencemaran air adalah senyawa fosfat. Sumber utama pencemaran fosfat yaitu 10% dari proses alamiah, 7% industri, 11% detergen, 17% pupuk pertanian, 23% limbah manusia, dan 32% limbah

peternakan. Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena eutrofikasi. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi total fosfor dalam air 35-100 µg/L. Untuk mencegah kejadian tersebut, air limbah cair *laundry* yang akan dibuang harus diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan fosfat sampai memenuhi standart baku mutu buangan limbah yaitu 2 mg/L. (Aulia, 2009). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah yaitu dengan cara adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Masyarakat cenderung memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai bahan bakar, dan terkesan terbuang percuma. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian guna mengurangi volume limbah tongkol jagung dan meningkatkan nilai tambahnya. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah pertanian tersebut ialah diolah menjadi arang aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Kandungan senyawa berkarbon, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%), yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif. (Ningsih dan wandi, 2012).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Penelitian ini memerlukan bahan dan alat yang akan digunakan untuk proses adsorpsi ion fosfat adalah natrium fosfat (Na_3PO_4), tongkol jagung, HCl 5N,

aquadest, pisau, cawankrusibel, *furnace*, *klip plastic*, mortar, ayakan *octagon* 40 mesh, spatula, timbangan *digital*, cawan petri, *beaker glass* (50 ; 500 ; 1000 ml), erlenmeyer (250 ml), gelas ukur (100 mL), pipet tetes, oven, kertas saring, kertas pH, corong, botol kaca (150 mL), botol aquadest, *hot plate*, *stirrer magnetic*, *aluminium foil*, *stopwatch*, seperangkat alat *spektrofotometer uv vis*

2.2 Karbonisasi Tongkol Jagung

Tongkol jagung dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel kemudian tongkol jagung diperkecil ukurannya menjadi lebih kurang 4-5 cm lalu dijemur dibawah sinar matahari hingga kering (kadar air nya berkurang 30%). Tongkol jagung kemudian dimasukkan kedalam cawan krusibel lalu dimasukkan ke dalam *furnace* untuk dikarbonisasi selama 2,5 jam pada temperatur 350°C, kemudian tongkol jagung yang sudah di karbonisasi didinginkan. Arang tongkol jagung yang terbentuk kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan menggunakan pengayak *octagon* 40 mesh untuk mendapatkan ukuran seragam yang dibutuhkan yang lolos 40 mesh. (Ningsih dan Wandu, 2012).

2.3 Aktivasi

Proses aktivasi arang dari tongkol jagung dilakukan dengan cara memasukkan 40 gr arang tongkol jagung, ke dalam beaker glass ukuran 1000 ml. Setelah itu, ditambahkan 500 ml HCl 5N ke dalam beaker glass yang berisi arang

tongkol jagung secara perlahan. Kemudian campuran tersebut dipanaskan diatas *hotplate* pada suhu 50°C dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam. Setelah 1 jam, *hotplate* dimatikan. Setelah suhunya turun ($\pm 30^{\circ}\text{C}$), campuran dipindahkan ke dalam botol untuk didiamkan selama ± 12 jam. Arang yang telah didiamkan tersebut selanjutnya disaring untuk memisahkan filtratnya. Proses selanjutnya dilakukan pencucian terhadap arang yang didapat hingga pH air cucian netral lalu dilakukan pengeringan terhadap arang yang telah diaktivasi tersebut menggunakan oven dengan suhu 105°C. (Ningsih dan wandi, 2012).

2.4 Pembuatan Larutan Induk Ion Fosfat (PO_4^{-3})

Pembuatan larutan induk Natrium Fosfat (Na_3PO_4) dengan konsentrasi 1000 ppm dilakukan dengan cara menimbang 1,726 gram Natrium Fosfat (Na_3PO_4) pada neraca analitik kemudian dilarutkan dalam labu ukur 1000 mL dengan akuades sampai tanda batas.

2.5 Pembuatan Larutan Standar

pembuatan larutan standar untuk kurva kalibrasi dapat dilakukan dengan cara pengenceran dari larutan induk ion fosfat (PO_4^{-3}) 10 ppm. Pengenceran dilakukan untuk membuat larutan standar dengan konsentrasi 2; 4; 6 ; 8 dan 10 ppm.

2.6 Penentuan Panjang Gelombang

Penentuan nilai panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur absorbansi salah satu larutan standar pada range panjang gelombang 600 – 690 nm menggunakan spektro UV – Vis (Yunarsih, 2013).

2.7 Menentukan Waktu Kesetimbangan

Proses adsorpsi ion fosfat (PO_4^{-3}) pada arang aktif serbuk tongkol jagung dilakukan secara *batch*. Menentukan waktu kesetimbangan, larutan ion fosfat (PO_4^{-3}) dengan konsentrasi 10 ppm dengan volume masing - masing 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan masing-masing arang aktif serbuk tongkol jagung sebanyak 2 gr. Campuran ini diaduk dengan *shaker* berkecepatan 200 rpm dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 dan 160 menit. Setelah itu, dipisahkan arang aktif tongkol jagung dengan cairan posfat dengan menggunakan kertas saring, lalu di analisa kadar fosfat pada larutan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. (Aditya, K, 2016)

2.8 Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

Dalam penelitian ini, analisa data menggunakan persamaan garis lurus dari tiga model kesetimbangan adsorpsi yaitu:

1. Langmuir

Persamaan linear untuk model Langmuir adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m \cdot b} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{q_m}$$

2. Freundlich

Persamaan linear untuk model Freundlich adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } \left(\frac{x}{m}\right) = \frac{1}{n} \log C + \log k$$

3. Brunauer, Emmett dan Teller (BET)

Persamaan linear untuk model BET adalah sebagai berikut:

$$\frac{\frac{C}{C_0}}{\left(\frac{x}{m}\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{C_0}\right)} = \frac{(k-1)}{q_m k} \cdot \frac{C}{C_0} + \frac{1}{q_m k}$$

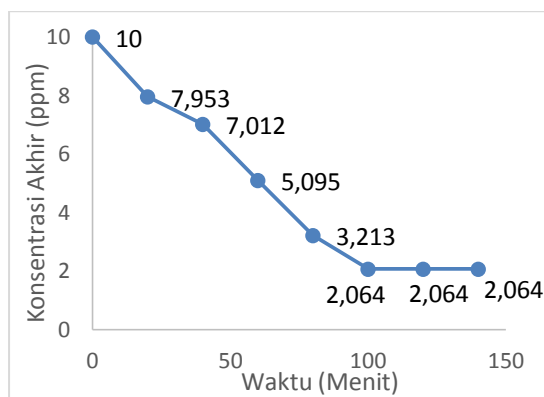
2.9 Penentuan Daya Jerap

Proses adsorpsi ion fosfat (PO_4^{-3}) pada arang aktif tongkol jagung dilakukan secara *batch*. Larutan ion fosfat (PO_4^{-3}) dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan arang aktif tongkol jagung sebanyak 1 gr. Campuran di *shaker* dengan kecepatan 100 rpm pada waktu kesetimbangan yang telah didapatkan sebelumnya yaitu 100 menit dengan suhu kamar kemudian proses tersebut diulangi dengan variasi massa 2 dan 3 gram adsorben dan kecepatan pengadukan 200 dan 300 rpm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Waktu Kesetimbangan Adsorpsi Ion Fosfat (PO_4^{-3}) oleh Arang Aktif Tongkol Jagung

Waktu kesetimbangan adsorpsi dikatakan tercapai apabila konsentrasi fosfat (PO_4^{-3}) pada saat penyerapan tidak lagi mengalami perubahan yang signifikan. Konsentrasi *fosfat* (PO_4^{-3}) dalam larutan selama proses penyerapan mengalami penurunan selama waktu 100 menit. Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk penyerapan dengan arang aktif tongkol jagung telah mencapai waktu kesetimbangan.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Konsentrasi ion Fosfat (PO_4^{-3}) Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi

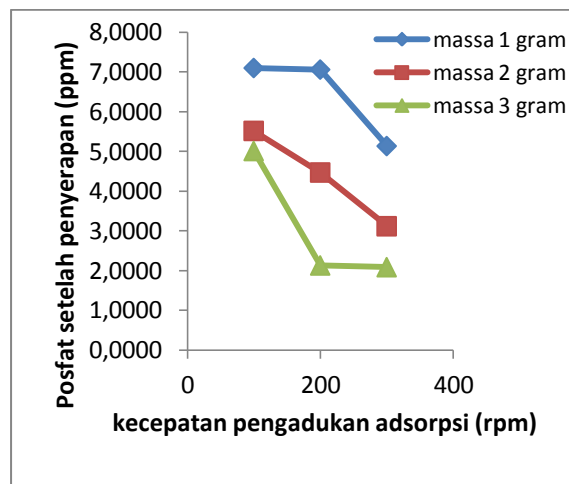
Terlihat pada Gambar 3.1 bahwa waktu setelah 100 menit tidak terjadi lagi keadaan penurunan penyerapan, dalam hal ini dapat diasumsikan bahwa waktu kesetimbangan tercapai dalam waktu 100 menit. Selanjutnya pada penelitian ini semua data kesetimbangan diambil setelah proses penyerapan berlangsung selama 100 menit.

3.2 Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Adsorpsi Terhadap Konsentrasi Fosfat setelah Proses berjalan 100 Menit.

Pengaruh massa adsorben dan kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi dapat ditentukan berdasarkan konsentrasi akhir pada larutan *Fosfat* yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2

Tabel 3.1 Data Pengamatan, Konsentrasi Ion Fosfat (PO_4^{-3}) Sisa Pada Proses Adsorpsi Ion Fosfat (PO_4^{-3}) Oleh Adsorben, Pada Waktu 100 Menit.

Kecepatan pengadukan (rpm)	Konsentrasi Ion Fosfat (PO_4^{-3}), C (ppm)		
	Massa Adsorben (gram)		
	1	2	3
100	7,105	5,521	5,015
200	7,065	4,474	2,134
300	5,140	3,121	2,090

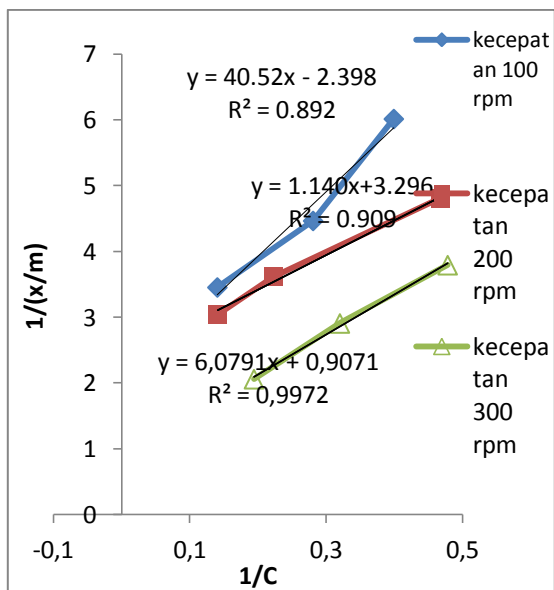


Gambar 3.2 Grafik Hubungan Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Adsorpsi Terhadap Konsentrasi Fosfat Setelah Penyerapan, Pada Waktu 100 Menit.

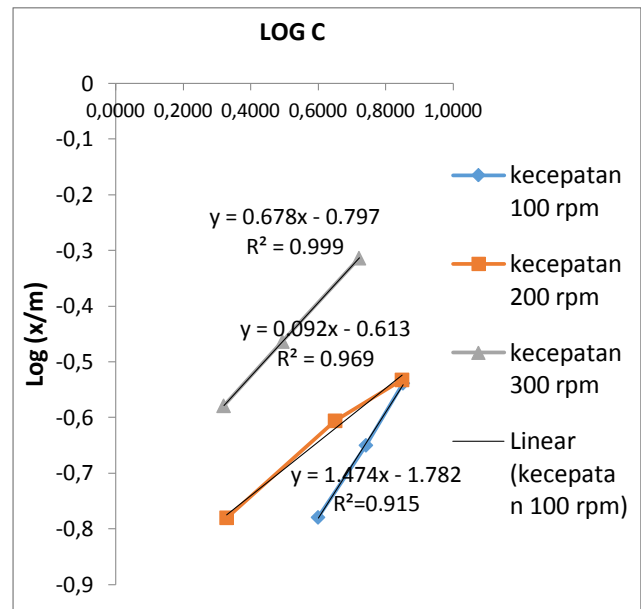
Dari Gambar 3.2 terlihat kecepatan pengadukan dan massa adsorben mempengaruhi konsentrasi ion fosfat yang tersisa dalam larutan (semakin kecil). Hal ini disebabkan semakin banyak arang aktif maka luas permukaan kontak penyerapan juga meningkat sehingga sisa semakin kecil hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ghazy (2008), Nurhasni (2012) dan siti (2010) dalam Nissa (2016). Semakin naik kecepatan pengadukan, konsentrasi ion fosfat (PO_4^{-3}) sisa semakin kecil, hal ini disebabkan *driving force* (daya dorong) ion fosfat (PO_4^{-3}) ke permukaan arang aktif juga semakin tinggi, sehingga ion fosfat (PO_4^{-3}) yang terserap semakin tinggi. Hasil sesuai dengan penelitian Ibrahim dkk (2014).

3.3 Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

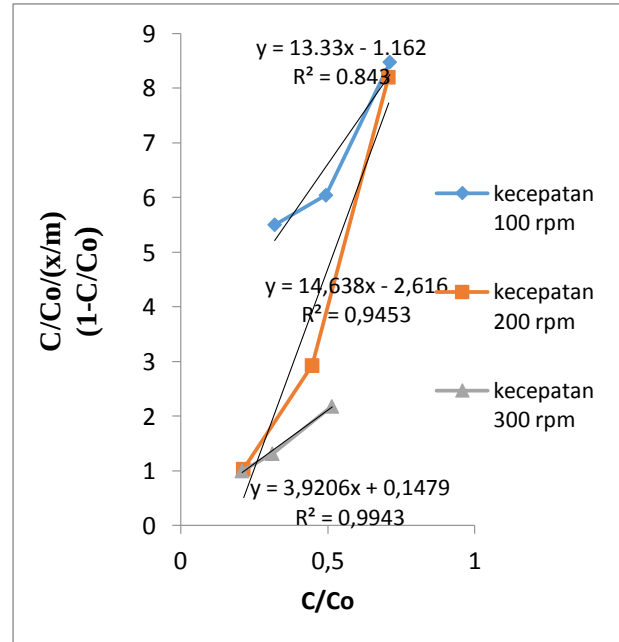
Pengujian model kesetimbangan adsorpsi bertujuan untuk menentukan model kesetimbangan yang memenuhi proses adsorpsi fosfat dengan menggunakan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben. Ditampilkan gambar grafik dan tabel berikut yang menjelaskan garis linier dan nilai R^2 pada setiap model kesetimbangan. Nilai *Correlation Factor* (R^2) yang mendekati 1 menunjukkan semakin cocoknya dengan model kesetimbangan yang didapatkan (Nissa, 2016).



Gambar 3.3 Grafik model Langmuir Pada Kecepatan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm



Gambar 3.4 Grafik Model *Freundlich* Pada Kecepatan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm



Gambar 3.5 Grafik Model *BET* Pada Kecepatan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm

Tabel 3.2 Perbandingan *Correlation Factor* (R^2) Model Keseimbangan Pada Kecepatan Pengadukan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm

Kecepatan Pengadukan	Massa adsorben	R^2		
		Langmuir	Freundlich	BET
100	1	0,892	0,915	0,843
	2			
	3			
200	1	0,909	0,969	0,945
	2			
	3			
300	1	0,997	0,999	0,994
	2			
	3			

4. Kesimpulan

Semakin banyak arang aktif tongkol jagung (1 ; 2 ; 3 gram) yang digunakan untuk menyerap larutan ion fosfat maka semakin banyak pula konsentrasi larutan fosfat yang teradsorpsi. Pada penelitian ini, massa arang aktif tongkol jagung yang paling baik menyerap larutan fosfat adalah sebanyak 3 gram. Semakin tinggi kecepatan pengadukan proses adsorpsi (100 ; 200 ; 300 rpm) maka semakin banyak konsentrasi fosfat yang teradsorpsi. Kecepatan pengadukan terbaik proses adsorpsi larutan ion fosfat pada penelitian ini ialah kecepatan pengadukan 300 rpm, Model keseimbangan yang sesuai adalah model

isotherm Freundlich dengan nilai R^2 yaitu 0,999.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, K. 2016. Penentuan Model Isoterm Ion Cu Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa. Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Pekanbaru
- Aulia, A. 2009. Uji Kinerja Adsorben Histidin Endosulfan dalam Prototipe Kemasan Flow dan Batch terhadap Pestisida Endosulfan dalam Air Minum. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung
- Ibrahim, A, R, Zhou, Y, Li, X, Chen, L, Hong, Y, Su, Y, Wang, H, Li, J, (2014). Synthesis of rod-like hydroxyapatite with high surface area and pore volume from eggshells for effective adsorption of aqueous Pb (II). *Materials Research Bulletin*, 62, pp. 132-141.

- Ningsih, A.S dan Wandu, S. 2012.
Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung
Sebagai Arang Aktif untuk
Pengolahan Air Sungai Siak. Laporan
Tugas Akhir Program Studi DIII
Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Riau. Pekanbaru.
- Nissa, A. 2016. Model Keseimbangan
Pada Adsorpsi Ion Kadmium
Menggunakan Hidroksiapatit Dengan
Variasi Suhu Adsorpsi Dan kecepatan
Pengadukan. Skripsi, Jurusan Teknik
Kimia, Fakultas Teknik, Universitas
Riau. Pekanbaru
- Yunarsih, N.M. 2013. *Efektifitas
Membran Kitosan dari Kulit Udang
Galah (Macrobanchium rosenbergii)
untuk Menurunkan Fosfat dalam Air
Limbah Laundry*. Tesis. Program
Pascasarjana Universitas Udayana.
Denpasar.