

ISOTHERM FREUNDLICH, MODEL KINETIKA DAN PENENTUAN LAJU REAKSI ADSORPSI BESI DENGAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI

ISOTHERM FREUNDLICH, KINETICS MODEL AND DEFINITION RATE ADSORPTION OF Fe WITH ACTIVATED CARBON FROM COFFEE WASTE

Aswar Tahad, Ari Susandy Sanjaya*

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Jl. Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda – Kaltim,

*email : ari.susandy@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Air sumur yang mengandung banyak besi akan membahayakan manusia. Penelitian adsorpsi Fe pada air sumur dengan menggunakan karbon aktif. Pada penelitian ini ampas kopi digunakan sebagai bahan untuk membuat arang aktif, selanjutnya arang aktif tersebut digunakan untuk menurunkan kadar Fe. Adsorpsi Fe pada 400 rpm mencapai optimum pada waktu kontak 20 menit. Sedangkan pada 500 rpm mencapai nilai optimum pada 15 menit dan 600 rpm mencapai optimum pada 25 menit. Isoterm adsorpsi yang digunakan adalah isoterm Freundlich dengan R^2 pada 400 rpm adalah 0.983, pada 500 rpm adalah 0,985 serta pada 600 rpm adalah 0,797. Dari persamaan Freundlich menunjukkan laju 400 rpm mempunyai kemampuan adsorpsi yang paling baik dengan nilai kF adalah 1.267. Diperoleh adsorpsi Fe dengan arang aktif dari ampas kopi pada laju 400 rpm mengikuti model kinetika orde 0, sedangkan pada laju 500 dan 600 rpm mengikuti kinetika orde 2.

Kata kunci: ampas kopi, besi (Fe), karbon aktif, adsorpsi

ABSTRACT

Water wells that contain a lot of iron will cause harm to living organisms, especially humans. Adsorption research of Fe on well water using activated carbon. In this study, the coffee waste are used as materials for making charcoal, activated charcoal is subsequently used to reduce Fe. Adsorption of Fe at 400 rpm achieve optimum contact time of 20 minutes. While at 500 rpm achieve optimum value at 15 min and 600 rpm achieve optimum at 25 minutes. Isotherm adsorption used in this research is isothermal Freundlich with R^2 for 400 rpm is 0.983, of 500 rpm is 0.985 and for 600 rpm is 0.996. Freundlich equation shows the rate of 400 rpm has the best adsorption capability with kF value is 1,267. Retrieved Fe adsorption with activated charcoal from coffee waste at a rate of 400rpm was follow the kinetics model of order 0, whereas the rate of 500 and 600 rpm followed the second-order kinetic.

Keywords: coffee waste, iron (Fe), activated carbon, Adsorption

1. PENDAHULUAN

Air adalah materi esensial di dalam kehidupan. Tidak ada satu pun makhluk hidup yang berada di planet bumi ini, yang tidak membutuhkan air. Di dalam sel hidup, baik pada tumbuh-tumbuhan ataupun pada hewan (termasuk di dalamnya manusia) akan terkandung sejumlah air, yaitu lebih dari 75% kandungan sel tumbuh-tumbuhan atau lebih dari 67% kandungan sel hewan terdiri dari air.

Kelebihan Fe pada air dapat menimbulkan bau dan warna pada air minum, seperti menyebabkan air menjadi kemerah-merahan dan memberi rasa yang tidak enak pada minuman (Sutrisno, 2004)

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode arang aktif. Ampas kopi adalah bahan yang murah dan mudah didapatkan serta dapat digunakan untuk mengurangi kadar amonia, nitrit dan nitrat dalam limbah cair industri tahu. Ampas kopi termasuk bahan organik yang

dapat dibuat menjadi arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben atau bahan penyerap (Sugiharto, 1987). Bahan baku yang berasal dari bahan organik dapat dibuat menjadi arang aktif karena bahan baku tersebut mengandung karbon. Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Semakin luas permukaan arang aktif maka daya adsorpsinya semakin tinggi (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Pada penelitian ini ampas kopi digunakan sebagai bahan untuk membuat arang aktif. Selanjutnya arang aktif tersebut digunakan untuk menurunkan kadar Fe. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model kinetika yang sesuai pada proses adsorpsi Fe dengan melihat daya jerap arang aktif ampas kopi dalam berbagai kecepatan pengadukan. Analisa kinetika didasarkan pada kinetika orde nol, orde satu dan orde dua.

Orde Nol

Suatu reaksi dikatakan mempunyai orde nol jika besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi oleh berapapun perubahan konsentrasi pereaksinya. Artinya sebarang peningkatan konsentrasi pereaksi tidak akan mempengaruhi besarnya laju reaksi. Persamaan linear orde reaksi nol dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$C_A = C_{A0} - kt \dots\dots\dots(1)$$

Orde Satu

Reaksi orde satu adalah suatu reaksi yang kecepatannya bergantung hanyalah pada salah satu zat yang bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktannya. Persamaan linear orde reaksi satu dinyatakan dalam rumus sebagai berikut [Bulut, Ozacar, Sengil, 2008].

$$\ln C_A = -kt + \ln C_{A0} \dots\dots\dots(2)$$

Orde Dua

Reaksi orde dua adalah suatu reaksi yang kelajuannya berbanding lurus dengan hasil kali konsentrasi dua reaktannya atau berbanding langsung dengan kuadrat konsentrasi salah satu reaktannya. Jika mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah reaksi orde dua dimana kecepatan adsorpsi yang terjadi berbanding lurus dengan dua konsentrasi pengikutnya atau satu pengikut berpangkat dua. Laju kinetika adsorpsi orde dua dinyatakan dalam persamaan linear berikut [Bulut, Ozacar, Sengil, 2008].

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

C_A = Konsentrasi A pada saat $t = t$
 C_{A0} = Konsentrasi A pada saat $t = 0$
 k = Konstanta kinetika (menit⁻¹)
 t = Waktu (menit)

Adsorpsi Isoterm Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorben merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung (*charcoal*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Pendekatan isoterm adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H. Freundlich. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut (Mulyana, 2003) :

$$X_m/m = k.C_e^{1/n} \dots\dots\dots(4)$$

$$\log (X_m/m) = \log k + 1/n . \log C_e \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

X_m = berat zat yang diadsorpsi
 m = berat adsorben (zeolit)
 C_e = konsentrasi zat

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\log (X_m/m)$ terhadap $\log C_e$ akan diperoleh persamaan linear.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan dilaksanakan di laboratorium Teknologi Kimia Fakultas Teknik dan di laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 Oktober sampai 10 Desember 2014.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ampas kopi, HCl 0,1 M, air sumur, dan aluminium foil.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah furnace, alat gelas laboratorium, kertas saring, neraca analitik, AAS (atomic absorben spectrofotometri), pH meter dan batang pengaduk.

Prosedur penelitian

Pembuatan arang aktif

Ampas kopi dikeringkan di bawah sinar matahari selama 1 hari kemudian 40 gram ampas kopi diarangkan di dalam furnace pada suhu 450⁰C selama 45 menit. Setelah proses pengarangan selesai, ampas kopi didiamkan dan disimpan di dalam wadah. Arang aktif direndam dalam larutan pengaktif HCl 0,1 M selama 48 jam dan ditiriskan dan dicuci dengan aquades hingga netral. Kemudian dikeringkan di oven pada suhu 100⁰C selama 4 jam untuk menghilangkan kadar airnya.

Perhitungan Rendemen

Rendemen arang aktif dihitung dengan cara membandingkan antara bobot bahan baku dengan bobot arang aktif setelah karbonisasi.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{a}{b} \times 100 \% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

a = bobot sampel yang diarangkan (g)
 b = bobot arang yang dihasilkan (g)

Kadar air

Arang aktif ditimbang sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sebelumnya telah ditimbang dan diketahui beratnya. Cawan beserta arang aktif kemudian dimasukkan ke dalam oven yang diatur suhunya pada 105⁰C selama 3 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang massanya.

$$\text{Kadar air} = \frac{(c-d)}{c} \times 100 \% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

c = berat arang awal (g)

d = berat contoh setelah dikeringkan (g)

Kadar abu

Karbon aktif ditimbang sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sebelumnya telah diketahui beratnya. Kemudian dipijarkan dalam furnace pada suhu 600°C selama 4 jam atau sampai semua menjadi abu. Cawan kemudian didinginkan dan ditimbang.

$$\text{kadar abu} = \frac{e}{f} \times 100 \% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

e = berat abu (g).

f = berat arang kering pada saat awal (g).

Penentuan waktu kontak optimum

Air sumur sebanyak 100 mL dikontakkan dengan 1 gram arang aktif berukuran 100 mesh dengan variasi waktu pengadukan 5,10,15,20 dan 25 menit. Air sumur sebelum dan sesudah dikontakkan dengan arang aktif diukur kadar Fe nya dengan AAS.

Perhitungan penurunan kadar Fe

Persen penurunan Fe dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ penurunan} = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100 \% \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

Co = konsentrasi awal Fe

Ce = konsentrasi akhir Fe

Penentuan reaksi orde nol

Penentuan orde nol dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan (1). Regresi linear kinetika orde nol pada proses adsorpsi logam Fe dengan menggunakan karbon aktif ampas kopi ditentukan dengan memplotkan Ce (Fe akhir) dengan waktu kontak.

Penentuan reaksi orde satu

Penentuan orde satu dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan (2). Regresi linear kinetika orde satu pada proses adsorpsi logam Fe dengan menggunakan karbon aktif ampas kopi ditentukan dengan memplotkan $\ln Ca/Ce$ dengan waktu kontak.

Penentuan reaksi orde dua

Penentuan orde dua dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan (3). Regresi linear kinetika orde dua pada proses adsorpsi logam Fe dengan menggunakan karbon aktif ampas kopi ditentukan dengan memplotkan $1/Ce$ dengan waktu kontak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Kualitas arang aktif

Parameter	Standar Mutu SNI No. 06-3730- 1995	Hasil Analisa
Rendemen	-	62,06 %
Kadar air	Maksimum 15 %	11,89 %
Kadar abu	Maksimum 10 %	9,25 %

Arang aktif ampas kopi dikarakterisasi untuk mengetahui kualitasnya meliputi rendemen, kadar air, dan kadar abu. Hasil analisis arang aktif yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa arang aktif dari ampas kopi telah memenuhi standar mutu arang aktif menurut SNI No. 06-3730 (1995). Penetapan rendemen arang aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Jumlah minimum maupun maksimum untuk rendemen setelah melalui proses karbonisasi tidak ditentukan dalam SNI. Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air yang diperoleh dari hasil penelitian relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air terikat bahan baku yang dikarbonisasi lebih dahulu keluar sebelum diaktivasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Kadar air yang tinggi dapat menurunkan mutu arang aktif karena dapat mengurangi daya serap terhadap gas atau cairan. Halangan molekul-molekul lain untuk masuk semakin besar dengan semakin besarnya molekul air di dalam karbon aktif (Sutawati dalam Sari, 2007). Penetapan kadar abu arang aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang aktif. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan mutu arang aktif karena semakin tinggi kadar abu maka semakin banyak pula kandungan bahan anorganik yang terdapat dalam bahan tinggi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar mutu arang aktif. Uji iod merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Semakin tinggi angka iod maka semakin baik arang aktif dalam menyerap molekul yang kecil atau zat dalam fasa cair (Cheremisinoff, 1987). Daya serap arang aktif terhadap iodium yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 761,4 mg/g. Daya serap iodium arang aktif ampas kopi telah memenuhi batas minimum syarat mutu arang aktif.

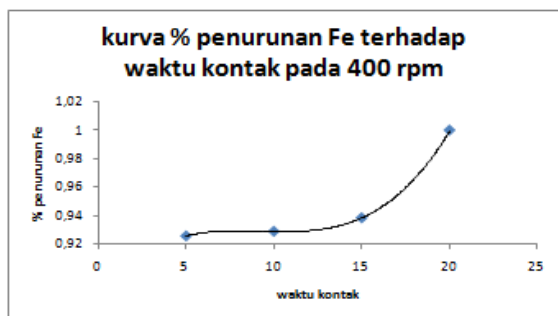
Penentuan Waktu Kontak Optimum Arang Aktif dari Ampas Kopi terhadap Penurunan Kadar Besi Pada Air Sumur Bor

Kontak optimum merupakan waktu pengadukan campuran arang aktif dengan limbah cair tahu, dimana terjadi penurunan kadar besi pada

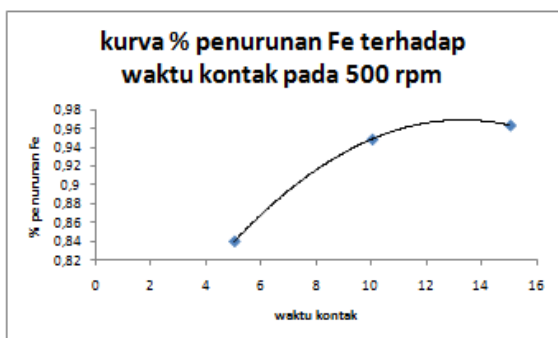
Tabel 1. Tabel hasil pengamatan

rpm	T (min)	Fe awal (Ca)	Fe akhir (Ce)	Fe teradsorpsi	x/m	Ce/(x/m)	log(Ce)	log (x/m)	% penurunan Fe
400	5	13,652	1,023	12,629	1,2629	0,81004	0,009876	0,101369	0,925065924
	10	13,652	0,978	12,674	1,2674	0,771659	-0,00966	0,102914	0,928362145
	15	13,652	0,847	12,805	1,2805	0,66146	-0,07212	0,10738	0,937957808
	20	13,652	0,006	13,646	1,3646	0,004397	-2,22185	0,135005	0,999560504
	25	13,652	-	-	-	-	-	-	-
500	5	13,652	2,172	11,48	1,148	1,891986	0,33686	0,059942	0,840902432
	10	13,652	0,697	12,955	1,2955	0,538016	-0,15677	0,112437	0,948945209
	15	13,652	0,494	13,158	1,3158	0,375437	-0,30627	0,11919	0,963814826
	20	13,652	-	-	-	-	-	-	-
	25	13,652	-	-	-	-	-	-	-
600	5	13,652	3,87	9,782	0,9782	3,956246	0,587711	-0,00957	0,716525051
	10	13,652	1,16	12,492	1,2492	0,928594	0,064458	0,096632	0,915030765
	15	13,652	0,659	12,993	1,2993	0,507196	-0,18111	0,113709	0,951728684
	20	13,652	0,438	13,214	1,3214	0,331467	-0,35853	0,121034	0,967916789
	25	13,652	0,153	13,499	1,3499	0,113342	-0,81531	0,130302	0,988792851

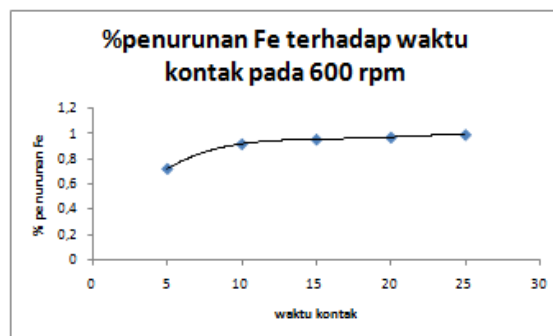
air sumur paling besar. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan (Sembiring dan Sinaga, 2003). Adsorpsi besi air sumur oleh arang aktif dari ampas kopi pada variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, 25 menit dengan variasi kecepatan 400, 500, 600 rpm seperti ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 1. Kurva % penurunan Fe terhadap waktu kontak pada laju pengadukan 400 rpm



Gambar 2. Kurva % penurunan Fe terhadap waktu kontak pada laju pengadukan 500 rpm



Gambar 3. Kurva % penurunan Fe terhadap waktu kontak pada laju pengadukan 600 rpm

Dari Gambar diketahui bahwa penyerapan pada 400 rpm mencapai optimum pada waktu kontak 20 menit. Sedangkan pada 500 rpm mencapai optimum pada 15 menit dan 600 rpm mencapai optimum pada 25 menit. Pada waktu kontak 1-20 menit terjadi penurunan kadar besi yang signifikan. Arang yang sudah diaktifkan permukaannya menjadi lebih luas karena telah bebas dari deposit hidrokarbon dan pori-porinya telah terbuka sehingga mampu mengadsorpsi besi (Lubis dan Nasution, 2002). Apabila waktu pengadukan diperpanjang, maka arang aktif yang telah besi secara optimum akan dilepas kembali ke dalam larutan (air sumur). Hal ini disebabkan arang aktif mempunyai kapasitas serap maksimum dalam menyerap besi. Adsorpsi yang terjadi pada arang aktif dengan ampas kopi merupakan adsorpsi fisik. Peristiwa adsorpsi pada arang aktif terjadi karena adanya gaya *Van der Waals* yaitu gaya tarik-menarik intermolekuler antara molekul padatan dengan solut yang diadsorpsi lebih besar daripada gaya tarik-menarik sesama solute itu

sendiri di dalam larutan, maka solute akan terkonsentrasi pada permukaan padatan. Adsorpsi jenis ini tidak bersifat *site specific*, dimana molekul yang teradsorpsi bebas untuk menutupi seluruh permukaan padatan.

Isoterm Adsorpsi

Perubahan konsentrasi adsorbat oleh proses adsorpsi sesuai dengan mekanisme adsorpsinya dapat dipelajari melalui penentuan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang biasa digunakan adalah isoterm Langmuir dan Freundlich. Pengujian model kesetimbangan dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai digunakan pada suatu penelitian. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada harga koefisien determinan (R^2) dengan harga yang tinggi. Kesetimbangan adsorpsi merupakan suatu penjabaran matematika suatu kondisi isothermal yang khusus untuk setiap adsorben. Oleh karena itu, untuk masing-masing bahan penyerap (adsorben) dan bahan yang diserap (adsorbat) memiliki kesetimbangan adsorpsi tersendiri.

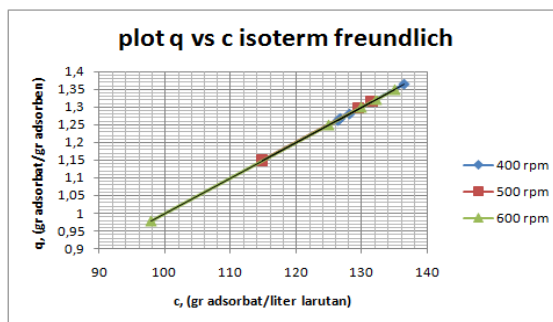
Tabel 3. Tabel data isoterm Freundlich

rpm	t	fe teradsorpsi	c	q
400	5	12,629	126,29	1,2629
	10	12,674	126,74	1,2674
	15	12,805	128,05	1,2805
	20	13,646	136,46	1,3646
	25	-	-	-
500	5	11,48	114,8	1,148
	10	12,955	129,55	1,2955
	15	13,158	131,58	1,3158
	20	-	-	-
	25	-	-	-
600	5	9,782	97,82	0,9782
	10	12,492	124,92	1,2492
	15	12,993	129,93	1,2993
	20	13,214	132,14	1,3214
	25	13,499	134,99	1,3499

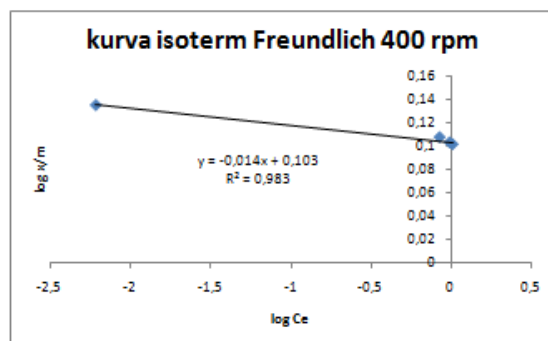
Gambar 4 di bawah ini memberikan hasil garis lurus sehingga adsorpsi Fe dengan karbon aktif dari ampas kopi mengikuti persamaan isoterm Freundlich.

Isotermis Freundlich lebih akurat untuk adsorpsi logam berat. Dimana isothermis Freundlich merupakan kelanjutan dari isothermis Langmuir dengan adsorpsi fisika. Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi Freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben

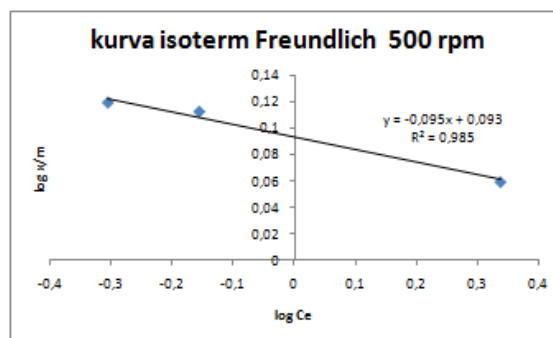
bersifat heterogen. Model isoterm Freundlich pada logam Fe dapat dilihat pada gambar.



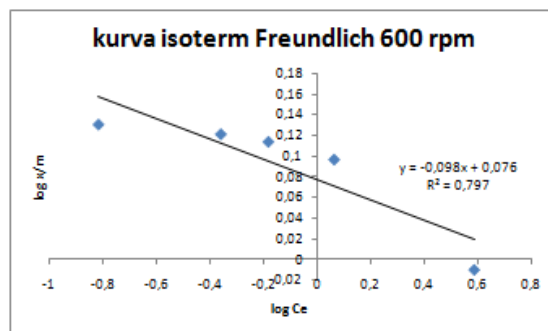
Gambar 4. Plot data q vs c untuk isoterm Freundlich



Gambar 4. Kurva isoterm Freundlich pada 400 rpm



Gambar 5. Kurva isoterm Freundlich pada 500 rpm



Gambar 6. Kurva isoterm Freundlich pada 600 rpm

Tabel 4. Harga konstanta Freundlich

Harga konstanta Freundlich		
400 rpm	kf	1.267
	1/n	0.014
500 rpm	kf	1.238
	1/n	0.095
600 rpm	kf	1.177
	1/n	0.098

Ditinjau dari nilai R^2 , model adsorpsi ion Fe^{2+} oleh ampas memenuhi syarat isotherm Freundlich hal ini ditunjukkan dengan nilai R^2 yang mendekati 1. Adsorpsi ion Fe^{2+} oleh ampas kopi yang sesuai dengan pola isotherm adsorpsi Freundlich mengindikasikan bahwa adsorpsi di permukaan adsorben terjadi pada situs- situs aktif yang bersifat heterogen.

Dilihat dari persamaan garis dari kurva isotherm Freundlich dapat ditentukan kemampuan relatif dari ampas kopi dalam mengadsorpsi ion Fe^{2+} , dan dapat ditentukan kekuatan interaksi antara ion Fe^{2+} dengan permukaan ampas kopi. Persamaan linier isotherm Freundlich yaitu $\log Q_e = \log K_f + 1/n \log C_e$, yang mana kemampuan relatif dari suatu adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat dapat dilihat dari nilai K_f , semakin besar nilai K_f maka semakin besar kemampuan suatu adsorben dalam mengadsorpsi, begitu juga untuk kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai $1/n$, semakin kecil nilai $1/n$ maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat.

Pada persamaan Freundlich kecepatan 400 rpm dapat diketahui bahwa kemampuan adsorpsi relatif dari ampas kopi dalam mengadsorpsi ion Fe^{2+} ditunjukkan oleh nilai K_f , yang besarnya 1.267. Kekuatan interaksi antara ion Fe^{2+} dengan ampas kopi ditunjukkan dengan nilai $1/n$ yang besarnya 0.014. Pada kecepatan 500 rpm dapat diketahui bahwa kemampuan adsorpsi relatif dari ampas kopi dalam mengadsorpsi ion Fe^{2+} ditunjukkan oleh nilai K_f , yang besarnya 1.238. Kekuatan interaksi antara ion Fe^{2+} dengan ampas kopi ditunjukkan dengan nilai $1/n$ yang besarnya 0.095. Pada kecepatan 600 rpm dapat diketahui bahwa kemampuan adsorpsi relatif dari ampas kopi dalam mengadsorpsi ion Fe^{2+} ditunjukkan oleh nilai K_f , yang besarnya 1.177. Kekuatan interaksi antara ion Fe^{2+} dengan ampas kopi ditunjukkan dengan nilai $1/n$ yang besarnya 0.098.

Dari nilai $1/n$ setiap adsorben diperoleh bahwa nilai $1/n$ pada kecepatan 400 rpm lebih kecil dibandingkan nilai $1/n$ dengan kecepatan 500 rpm dan 600 rpm, ini menunjukkan bahwa kekuatan interaksi (ikatan) yang terjadi antara ion Fe^{2+} dengan permukaan ampas kopi pada 400 rpm lebih kuat daripada dengan kecepatan 500 dan 600 rpm. Kekuatan interaksi (ikatan) antara adsorben dengan adsorbat diperhitungkan untuk suatu proses *recovery*. Kekuatan interaksi yang lemah antara

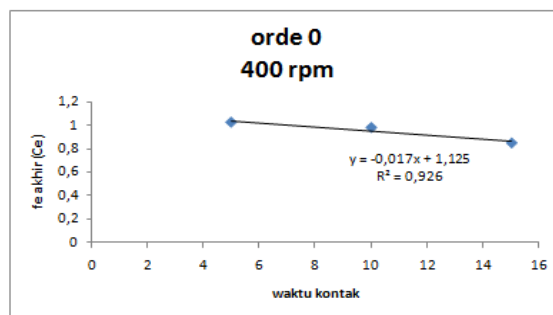
adsorben dengan adsorbat menyebabkan adsorben dapat di *recovery* lebih mudah.

Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

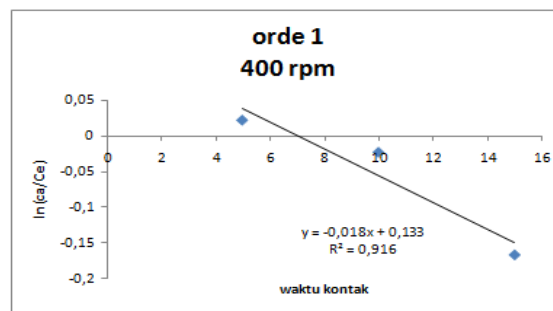
Untuk menentukan mekanisme dan laju adsorpsi suatu media, dibutuhkan suatu pendekatan dengan model kinetika [Bulut, Ozacar, Sengil, 2008]. Penentuan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi Fe pada air sumur merupakan tujuan utama dari penelitian ini. Kinetika adsorpsi Fe pada air sumur ditentukan melalui pengaruh variasi waktu kontak dan laju pengadukan. Waktu kontak dilakukan pada 5, 10, 15, 20, 25 menit dan laju pengadukan percobaan 400, 500, dan 600 rpm.

Orde pada 400 rpm

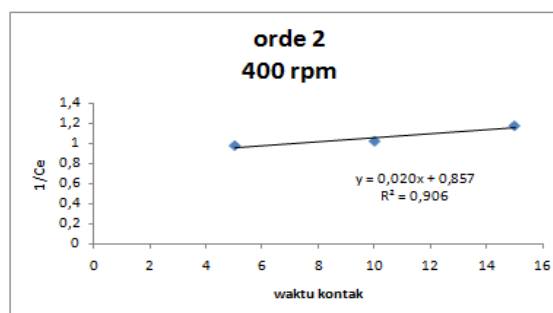
Penentuan orde pada 400 rpm dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan orde nol, orde satu dan orde dua.



Gambar 7. Model kinetika orde nol pada 400 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 8. Model kinetika orde satu pada 400 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 9. Model kinetika orde dua pada 400 rpm untuk berbagai variasi waktu

Tabel 5. Orde pada 400 rpm

Keterangan	Orde pada 400 rpm		
	Orde 0	Orde 1	Orde 2
Nilai R^2	0.926	0.906	0.916
Konstanta laju reaksi (k)	-0.017	0.02	0.018

Sehingga adsorpsi Fe dengan karbon aktif ampas kopi pada 400 rpm dapat dijelaskan mengikuti model kinetika orde 0 berdasarkan R^2 yang meendekati 1.

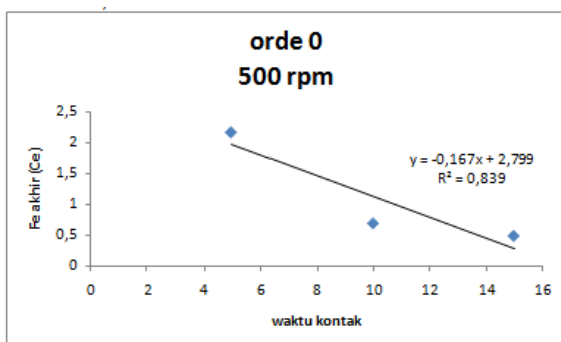
Dari persamaan garis lurus $y = mx + b$ dan persamaan orde nol (1) diketahui bahwa slope $m = -k = -0.017$, $x = t$ (menit), $b = 1.125 = C_a$, dan $y = C_e$. sehingga dapat diturunkan ke rumus mencari k :

$$k = \frac{C_a - C_e}{t} \dots \dots \dots (10)$$

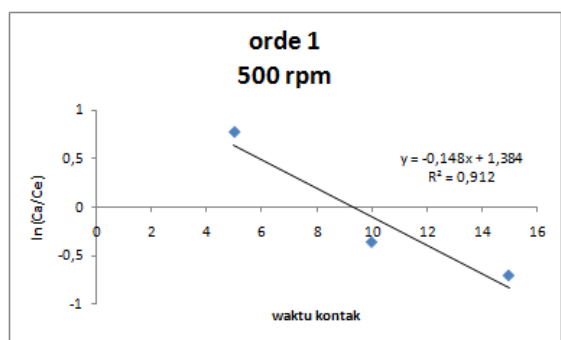
Dengan memasukkan nilai t dan C_e pada rumus di atas maka akan dihasilkan nilai k yang mendekati nilai slope m yaitu 0.0204. nilai yang didapatkan tidak sama karena R^2 dari grafik di atas adalah 0.926.

Orde pada 500 rpm

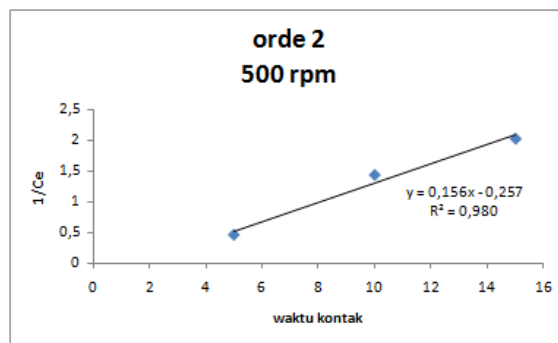
Penentuan orde pada 500 rpm dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan orde nol, orde satu dan orde dua.



Gambar 10. Model kinetika orde nol pada 500 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 11. Model kinetika orde satu pada 500 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 12. Model kinetika orde dua pada 500 rpm untuk berbagai variasi waktu

Tabel 6. Orde pada 500 rpm

Keterangan	Orde pada 500 rpm		
	Orde 0	Orde 1	Orde 2
Nilai R^2	0.839	0.912	0.98
Konstanta laju reaksi (k)	-0.167	0.148	0.156

Sehingga adsorpsi Fe dengan karbon aktif ampas kopi pada 500 rpm dapat dijelaskan mengikuti model kinetika orde 2 berdasarkan berdasarkan R^2 yang mendekati 1.

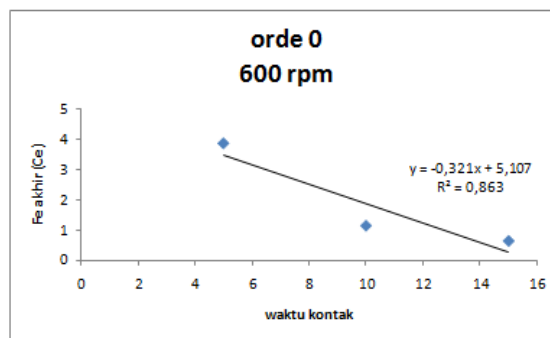
Dari persamaan garis lurus $y = mx + b$ dan persamaan orde dua (3) diketahui bahwa slope $m = k = 0.156$, $x = t$ (menit), $b = 1/C_a = -0.257$, dan $y = 1/C_e$. sehingga dapat diturunkan ke rumus mencari k:

$$kt = \frac{1}{C_e} - \frac{1}{C_a} \dots \dots \dots (11)$$

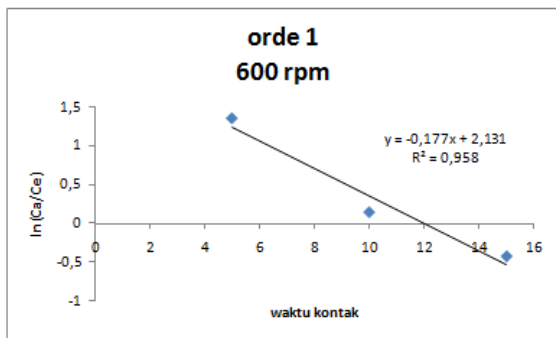
Dengan memasukkan nilai t dan $1/C_e$ pada rumus di atas maka akan dihasilkan nilai k yang mendekati nilai slope m yaitu 0,143482. nilai yang didapatkan tidak sama karena R^2 dari grafik di atas adalah 0.98.

Orde pada 600 rpm

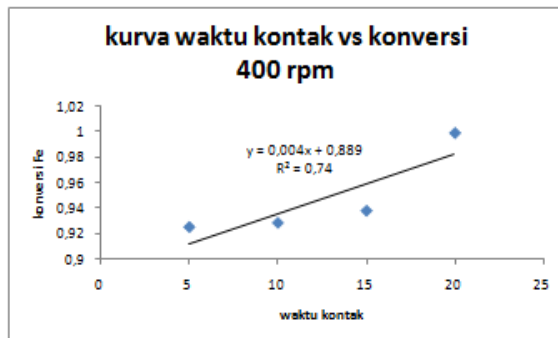
Penentuan orde pada 600 rpm dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan orde nol, orde satu dan orde dua.



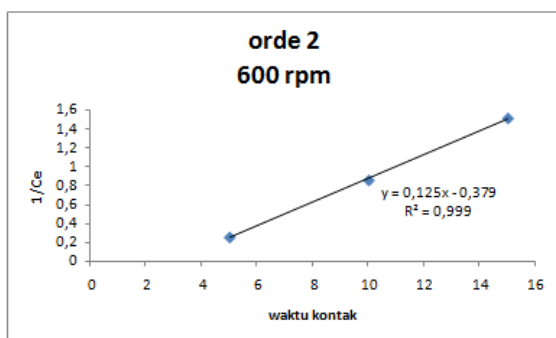
Gambar 13. Model kinetika orde nol pada 600 rpm untuk berbagai variasi waktu



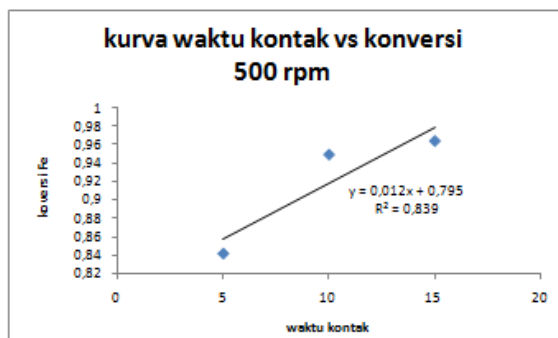
Gambar 14. Model kinetika orde satu pada 600 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 16. Kurva waktu kontak vs konversi Fe pada 400 rpm



Gambar 15. Model kinetika orde dua pada 600 rpm untuk berbagai variasi waktu



Gambar 17. Kurva waktu kontak vs konversi Fe pada 500 rpm

Tabel 7. Orde pada 600 rpm

Keterangan	Orde pada 600 rpm		
	Orde 0	Orde 1	Orde 2
Nilai R^2	0.863	0.958	0.999
Konstanta laju reaksi (k)	-0.321	0.177	0.125

Sehingga adsorpsi Fe dengan karbon aktif ampas kopi pada 600 rpm dapat dijelaskan mengikuti model kinetika orde 2 berdasarkan R^2 mendekati 1.

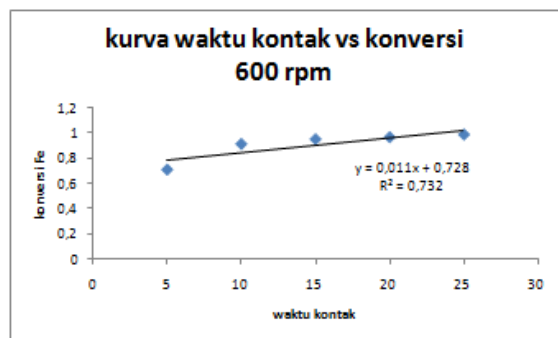
Dari persamaan garis lurus $y = mx + b$ dan persamaan orde dua (3) diketahui bahwa slope $m = k = 0.125$, $x = t$ (menit), $b = 1/Ca = -0,379$, dan $y = 1/Ce$. sehingga dapat diturunkan ke rumus mencari k:

$$kt = \frac{1}{Ce} - \frac{1}{Ca} \quad (14)$$

Dengan memasukkan nilai t dan $1/Ce$ pada rumus di atas maka akan dihasilkan nilai k yang mendekati nilai slope m yaitu 0,127. nilai yang didapatkan tidak sama karena R^2 dari grafik di atas adalah 0.99.

Penentuan laju reaksi kinetika adsorpsi.

Penentuan laju reaksi kinetika adsorpsi dilakukan dengan memplotkan persen konversi Fe pada berbagai laju pengadukan dengan waktu kontak.



Gambar 18. Kurva waktu kontak vs konversi Fe pada 600 rpm

Harga konstanta kinetika (k) diperoleh dari slope grafik hubungan antara konversi Fe terhadap waktu (menit). Harga konstanta laju adsorpsi yang diperoleh dari variasi laju pengadukan diperlihatkan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 8. Kinetika adsorpsi pada berbagai variasi laju pengadukan

no	rpm	Ca	Konstanta laju adsorpsi (k) (menit^{-1})	Orde (n)	Laju reaksi (v)
1.	400	13,652	0.004	0	0.004
2.	500	13,652	0.012	2	2.23653
3.	600	13,652	0.011	2	2.05015

Berdasarkan orde reaksi yang diperoleh dari setiap variasi laju pengadukan dapat dihitung laju reaksinya dengan rumus $v = k[Ca]^n$.

4. KESIMPULAN

Adsorpsi Fe pada 400 rpm mencapai optimum pada waktu kontak 20 menit. Sedangkan pada 500 rpm mencapai optimum pada 15 menit dan 600 rpm mencapai optimum pada 25 menit

Dari persamaan Freundlich menunjukkan laju 400 rpm mempunyai kemampuan adsorpsi yang paling bagus dengan nilai Kf adalah 1.267. Kekuatan interaksi antara ion Fe^{2+} dengan ampas kopi ditunjukkan dengan nilai $1/n$ yang besarnya 0.014.

Adsorpsi Fe dengan arang aktif dari ampas kopi pada laju 400 rpm mengikuti model kinetika orde 0, sedangkan pada laju 500 dan 600 rpm mengikuti kinetika orde 2

DAFTAR PUSTAKA

Mulyana, L., Pradiko, H. dan Nasution, K., 2003. *Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isotherm Pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6*, Infomatek Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik – Universitas Pasundan.

Murni H. dan Eko S, 2009. *Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit*, Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI, Tangerang.

Erika Mulyana Gultom dan M. Turmuzi, 2014. *Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb*, Lubis Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara .

Ni Made Shinta Megawati, Anak Agung Bawa Putra, dan James Sibarani, 2013. *Pemanfaatan Arang Batang Pisang (Musa Paradisiacal) Untuk Menurunkan Kesadahan Air*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.

Iriany, Krisnawati and Jasinda, 2013. *Adsorption of Heavy Metal Iron Fe(III) using Activated Powdered Duck Eggshell Adsorbent* , Department of Chemical Engineering, Universitas Sumatera Utara.

Irmanto, Suyata, 2009. *Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi*, Program Studi Kimia, Jurusan

MIPA Fakultas Sains dan Teknik UNSOED, Purwokerto.

Selfina Haniko, 2010. *Studi Adsorpsi Ion Ca^{2+} Menggunakan Adsorben Arang Kayu Matoa (Pometia Pinnata) Untuk Menurunkan Kesadahan Air*, Fakultas MIPA jurusan kimia, Universitas Negri Papua.

I Dewa Gede Dwi Prabhasastra Kusuma, Ni Made Wiratini, dan I Gusti Lanang Wiratma, 2014. *Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} Oleh Biomassa Rumpun Laut Eucheuma Spinosum*, Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia.