STUDI KINETIKA ADSORBSI NILAI BESI PADA AIR SUMUR MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI

Hairul Huda[1)], Zulminadan Ardi[2)], Adam Ari Johansyah[3)]
Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 09 Kampus Gunung Kelua, Samarinda – Kalimantan Timur,
E-mail: hairulhuda@gmail.com

ABSTRACT
The content of iron (Fe) in the water can cause health problems, unpleasant odor, causing the yellow color on the walls of the bathroom tub and yellow spots on clothing. One way to reduce the content of iron (Fe) is the technique of using activated carbon adsorption of coffee waste. Manufacture of activated carbon coffee waste consist of sample preparation process, carbonization, activation with 0.1 M HCl, washing and sieving. Activated carbon coffee waste with soaking time of 0.1 M HCl for 48 hours, carbonization temperature of 400 °C for 90 minutes, and sieving has met the quality standards of quality according to SNI 06-3730-1995 activated carbon with a water content of 11.89%, ash content 9.2%, the yield of 62.06%, iodine absorption 761.4 mg/g. Activated carbon that has met quality standards can reduce the iron content in the water up to 0,060 ppm of initial iron content 13,652 ppm to 99,56% efficiency, the best of the contact time is 24 minutes and has a maximum adsorption absorption value of 0,929 mg/g with Langmuir constant 1,000. Determination of the order made by regression linear method equation the zero-order, one, and two. Order reactions occur on the order of 1.

Keywords: *Adsorption, Coffee waste, Iron (Fe), Activated carbon.*

ABSTRAK
Kandungan besi (Fe) di dalam air sumur dapat menimbulkan gangguan kesehatan, bau yang kurang enak, menyebabkan warna kuning pada dinding bak kamar mandi serta bercak-bercak kuning pada pakaian. Salah satu cara untuk menurunkan kandungan besi (Fe) yaitu dengan teknik adsorbsi dengan menggunakan karbon aktif dari ampas kopi. Pembuatan karbon aktif ampas kopi terdiri atas proses preparasi sampel, karbonisasi, aktivasi dengan HCl 0,1 M, pencucian, dan pengayakan. Karbon aktif ampas kopi dengan lama perendaman HCl0,1 M selama 48 jam, suhu karbonisasi 400 ºC selama 90 menit, serta pengayakan telah memenuhi standar mutu kualitas karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995 dengan kadar air 11,89%, kadar abu 9,2%, rendemen 62,06% dan daya serap iod 761,4 mg/g. Karbon aktif yang telah telah memenuhi standar kualitas ini dapat menurunkan kandungan besi di air hingga mencapai 0,060 ppm dari kandungan besi awal 13,652 ppmdengan efisiensi 99,56% dari waktu kontak terbaik yaitu 24 menit serta memiliki nilai daya serap adsorpsi maksimum sebesar 0,929 mg/gram dengan konstanta Langmuir 1,000. Penentuan orde dilakukan dengan metode regresi linear menggunakan persamaan orde nol, satu dan dua. Orde reaksi terjadi pada orde 1.

Kata kunci: Adsorbsi**,** Ampas kopi, Besi (Fe), Karbon aktif,

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan hidup manusia yang sangat penting. Air diperlukan untuk minum, memasak, mandi, mencuci dan bersuci.

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah berfokus pada proses adsorbsi dengan karbon aktif karena dinilai lebih efektif, mudah, dan pembiayaan yang relatif murah dibanding dengan metode lainnya. Salah satu material yang dapat dipertimbangkan sebagai adsorben adalah ampas kopi.

Penelitian pendahuluan sebelumnya menjelaskan bahwa penggunaan karbon aktif dari ampas kopi sebagai adsorben dapat mengadsorbsi ion besi pada air minum sampai dengan 99,34% [1]. Berdasarkan uraian diatas, karbon aktif yang berasal dari ampas kopi diharapkan dapat digunakan

sebagai adsorben yang murah dan efisien dalam menurunkan kadar besi (Fe), mengingat ampas kopi masih belum banyak dimanfaatkan untuk digunakan kembali.

Melihat dari segi pemanfaatan ampas kopi yang masih jarang digunakan, bahkan dibuang begitu saja sebagai sampah dari seduhan dalam minuman kopi. Maka, ampas kopi ini perlu dimanfaatkan sebagai adsorben yang diharapkan dapat menjadi nilai tambah serta meningkatkan daya dukungnya terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kandungan Besi (Fe) Air Sumur sebelum dan sesudah diadsorbsi dengan karbon aktif dari ampas kopi, mengetahui waktukontakterbaikuntukmenurunkankonsentrasibesi (Fe) pada air sumurdengankarbonaktifdariampas kopi, mengetahui kinetika adsorbsi ampas kopi terhadap Air Sumur dengan menggunakan isoterm Langmuir.

TINJAUAN PUSTAKA

Besi di Dalam Air

Konsentrasi besi yang lebih besar dari 0,3 mg/L dapat menimbulkan warna kuning pada air, memberi rasa tidak enak, pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan menyebabkan kekeruhan pada air [2].

Pengolahan air pada umumnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan cara penyerapan atau adsorbsi.

Adsorbsi

Adsorbsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antar molekul atau interaksi kimia atau akibat dari gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik antar molekul-molekul gas/uap atau cairan [3].

Dalam adsorbsi dikenal istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat merupakan substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap [4].

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorbsi adalah konsentrasi adsorbat, temperatur, kecepatan pengadukan, waktu kontak.

Kapasitasadsorbsidapatdihitungdenganmenggunakanrumus :

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t).V}{m} \qquad (1)$$

dengan $Q_t$kapasitas adsorbsi dalam waktu t(mg adsorbat/g adsorben), $C_o$konsentrasi logam (mg/L), C_t konsentrasi residual setelah adsorbsi (mg/L), Vvolume sampel (l) dan m massa adsorben (g).

Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam sehingga memiliki daya serap yang tinggi. Pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu: proses dehidrasi, proses aktivasi, proses karbonisasi [5].

Isoterm Langmuir

Isotermadsorbsi Langmuir didefinisikansebagaiberikut [6]:

$$\frac{x}{m} = \frac{a.b.C_e}{1+b.C_e} \qquad (2)$$

Dengan x/m adalah jumlah adsorbat yang terserap per unit massa adsorban, a,b adalahkonstanta empiris dan C_e adalahkonsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorbsi.Isotermadsorbsi Langmuir dikembangkan dengan mengasumsikan bahwa sejumlah bagian adsorbat tetaptersedia pada permukaan adsorban, dimana bagian permukaan tersebut memiliki energi yang sama,adsorbsi yang terjadi *reversible* (dua arah). Konstanta isoterm Langmuir dapat ditentukan denganmembuat grafik antara C/(x/m) versus C dan mengubah persamaan diatas menjadi:

$$\frac{C_e}{\mathrm{x/m}} = \frac{1}{\mathrm{ab}} + \frac{1}{\mathrm{a}} C_e \qquad (3)$$

Dari persamaan linear diatasdapatdibuatkurva linear adsorbsiisoterm Langmuir dandapatdiketahuinilaikonstanta Langmuir denganpendekatan plot nilai $C_e/(x/m)$ dannilai C_e sehinggaakandidapatkan*slope* (m) = 1/ab dan*intercept* (b) = 1/a.

METODE

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.

Adapun batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hanya dilakukan pada kegiatan uji kandungan Besi (Fe) pada air sumur, sebelum dan sesudah dikontakkan dengan karbon aktif dari ampas kopi, metode adsorbsi kinetika yang digunakan adalah metode Langmuir.

Diharapkan dari penelitian dapat mengembangkan sumber adsorben baru berbasis alam dari ampas kopi yang selama ini masih dianggap sebagai limbah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi.

Variabel Penelitian

Sebagai variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu kontak. dan waktu kontak yang digunakan adalah 3 menit, 6 menit, 9 menit, 12 menit, 15 menit, 18 menit, 21 menit, 24 menit, 27 menit, 30 menit.

Adapun variabel terikat yang diteliti adalah konsentrasi besi pada 100 mL dan kadar limbah ampas kopi pada 1 gr.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Karbon aktif

Proses awal pembuatan, ampas kopi dikeringkan dengan dijemur di bawah sinar matahari, setelah kering ampas kopi diaktivasi secara fisika dengan pemanasan menggunakan furnace pada suhu 400 ºC selama kurang lebih 90 menit, setelah proses pengarangan selesai, ampas kopi dibiarkan dingin dan disimpan dalam desikator. Proses pembuatan karbon aktif masih berlanjut dengan pengaktivasian secara kimia dengan cara karbon aktif yang sudah didinginkan kemudian direndam dalam larutan HCl 0,1 M, selama 48 jam dan ditiriskan, kemudian dicuci dengan aquades sampai pH nya netral. Ampas kopi yang sudah diaktivasi, dioven untuk mengurangi kandungan airnya dengan suhu 98 ºC , proses pengovenan selesai, karbon aktif siap untuk digunakan.

Penentuan kualitas dari karbon aktif dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1**.** Karakterisasi karbon aktif

Parameter	**Standar Mutu Karbon Aktif**
Rendemen	-
Kadar air	Maksimum 15%
Kadar abu	Maksimum 10%
Daya serap Iod	Minimum 750 mg/g

Sumber: Standar Kualitas menurut SNI No. 06-3730-1995.

Rendemen

Rendemen karbon aktif dihitung dengan cara membandingkan antara berat bahan baku yang diarangkan dengan berat karbon aktif setelah karbonisasi.

$$\text{Rendemen} = \frac{B}{A} \times 100\ \% \qquad (4)$$

dengan A adalah berat bahan baku yang diarangkan (g) dan B adalah berat arang yang dihasilkan (g).

Kadar Air

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sebelumnya telah ditimbang dan diketahui beratnya. Cawan beserta karbon aktif kemudian dimasukkan ke dalam oven yang diatur suhunya pada 105 ºC selama 3 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang massanya

$$\text{Kadar air} = \frac{c-d}{c} \times 100\ \% \qquad (5)$$

dengan c adalah berat arang awal (g) dan d adalah berat arang setelah dikeringkan (g).

Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sebelumnya telah diketahui beratnya. Kemudian dipijarkan dalam furnace pada suhu 400^{o}C selama 2 jam atau sampai semua menjadi abu. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

$$\text{kadar abu} = \frac{e}{f} \times 100\ \% \qquad (6)$$

dengan e adalah berat abu (g) dan f adalah berat arang kering pada saat awal (g).

Daya Serap Terhadap Iodium

Karbon aktif ditimbang dengan teliti sebanyak 0,5 gram dan dipindahkan ke dalam tempat berwarna gelap dan tertutup, dimasukkan 50 mL larutan iodium 0,1 N kemudian dikocok selama 15 menit lalu disaring. Filtrat dipipet sebanyak 10 mL ke dalam erlenmeyer kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning larutan hampir hilang, ditambahkan indikator amilum. Titrasi kemudian dilanjutkan sampai mendapatkan titik akhir (warna biru tepat hilang).

$$\text{Daya serap iod } \left(\frac{mg}{g}\right) \frac{10 - \frac{(N \times V)}{0,1}}{s} \times 12,69 \times 5 \qquad (7)$$

dengan V adalahlarutan natrium tiosulfat yang diperlukan (ml), N adalah normalitas larutan natrium tiosulfat, S adalah berat arang (g) dan 12,69 adalah jumlah iod yang sesuai dengan 1 ml larutan natrium tiosulfat 0,1 N.

Teknik Analisis Data

Penentuanefisiensipenurunan parameter diperolehdarihasilperhitungandenganrumusberikut,
Efisiensiadsorbsi besi ($\sum$)

$$\sum = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\ \% \qquad (8)$$

dengan C_0adalah konsentrasi besi sebelum dikontakkan dengan adsorben dan $C_e$adalah konsentrasi besi setelah dikontakkan dengan adsorben.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tabel 2. hasil perhitungan dan analisa menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif memenuhi standar mutu SNI No. 06-3730-1995. Tujuan dari rendeman arang aktif adalah untuk mengetahui jumlah karbon aktif yang dihasilkan setelah melalui proses pengarangan, jumlah maksimum untuk hasil rendeman tidak ditentukan dalam SNI. Tujuan dari penetapan kadar air adalahuntuk mengetahui sifat higroskopis karbon 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.

Tabel 2. Uji Kualitas Karbon aktif

Parameter	SNI No. 06-3730-1995	Hasil Analisa
Rendemen	-	62,06 %
Kadar Air	Maks 15 %	11,89 %
Kadar Abu	Maks 10 %	9,25 %
Daya Serap Iod	Min. 750 mg/g	761,4 mg/g

Kadar air yang tinggi dapat menurunkan mutu arang aktif karena dapat mengurangi daya serap terhadap gas atau cairan. Tujuan dari penetapan kadar abu karbon aktif adalah untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan mutu karbon aktif karena semakin tinggi kadar abu maka semakin banyak pula kandungan bahan anorganik yang terdapat dalam bahan. Uji iod bertujuan untuk menguji kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul yang akan dikontakkan dengan karbon aktif tersebut.

Baku mutu nilai kandungan besi (Fe) di dalam air minum maksimal diperbolehkan 0,3 mg/Liter, dalam hal ini sampel pada penelitian yang dilakukan dengan mengambil sampel air sumur kost yang sering dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari dari hasil analisa pendahuluan diperoleh kandungan Fe sebesar 13,652 mg/Liter.

Salah satu tujuan penelitian ini untuk mengetahui persamaan isoterm adsorbsi Langmuir pada proses penyerapan ion logam besi (Fe) di dalam air sumur. untuk mengetahui efisiensi penyerapan ion logam besi (Fe) di dalam air sumur dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan(8) dengan hasil efiisiensi tertinggi didapatkan pada waktu kontak di 24 menit. Dengan hasil efisiensi adsorbsi 99,560 %. Dapat dilihat pada tabel 3.

Dari tabel 3 dibawah ini, waktu kontak yang optimum adalah pada 24 menit, dimana dari hasil perhitungan dengan persamaan (8.) didapatkan efisiensi adsorbsi 99,560%. Sedangkan ketika melebihi waktu kontak optimum dari variasi diatas yaitu waktu antara 27 menit ke atas, akan diperoleh hasil adsorbsi TTD (Tidak Ter Definisi) artinya di dalam sampel air sumur yang dikontakkan dengan karbon aktif ampas kopi disimpulkan bahwa sudah tidak terdefinisi lagi nilai kandungan besinya.

Tabel 3. Pengaruh waktu kontak karbon aktif ampas kopi terhadap jumlah persen adsorbsi Besi (Fe).

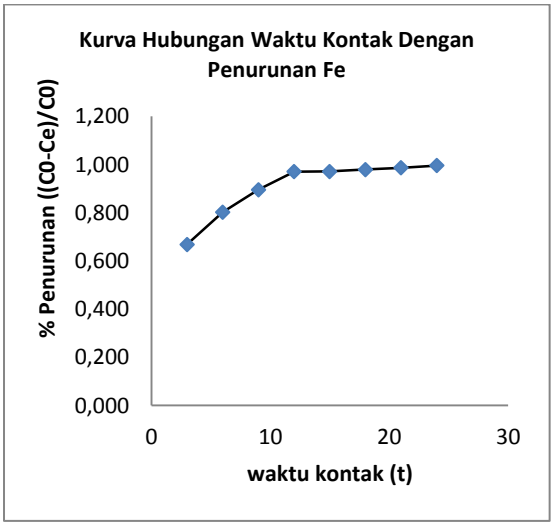
t (mnt)	C_0 (mg/L)	C_e (mg//L)	efisiensi adsorbsi (%)
3	13,652	4,531	66,810
6	13,652	2,701	80,215
9	13,652	1,432	89,510
12	13,652	0,408	97,011
15	13,652	0,400	97,070
18	13,652	0,292	97,861
21	13,652	0,191	98,600

24	13,652	0,060	99,560
27	13,652	TTD	TTD
30	13,652	TTD	TTD

di mana:
t = waktu kontak (menit).
C_0 = Konsentrasi awal Fe dalam smpel (mg/L).
C_e = Konsentrasi Fe setelah perlakuan (mg/L).

Tabel4.Isoterm adsorbsi Langmuir

t	Fe awal (C_0)	Fe akhir (C_e)	Fe teradsorbsi	x/m	$C_e/(x/m)$
3	13,652	4,531	9,121	0,912	4,968
6	13,652	2,701	10,951	1,095	2,466
9	13,652	1,432	12,220	1,222	1,172
12	13,652	0,408	13,244	1,324	0,308
15	13,652	0,400	13,252	1,325	0,302
18	13,652	0,292	13,360	1,336	0,219
21	13,652	0,191	13,461	1,346	0,142
24	13,652	0,060	13,592	1,359	0,044
27	13,652	TTD	TTD	TTD	TTD
30	13,652	TTD	TTD	TTD	TTD



Gambar 1. Kurva Hubungan Waktu Kontak DenganPenurunan Fe

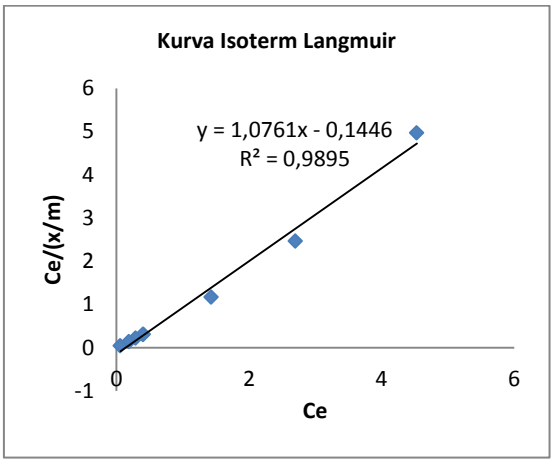
Kurva persamaan Langmuir untuk Fe adalah :
y = 1,076 x – 0,1446
R^2 = 0,9895
P = 1,076 = $\frac{1}{d}$
$\frac{1}{d}$ = 1,076
d = $\frac{1}{1,076}$

d = 0,929 mg/g

Q = 0,1446 = $\frac{1}{kb}$

$\frac{1}{kb} = 0{,}1446$

K = $\frac{1}{1{,}076\ x 0{,}929} = 1{,}000\ L/mg$



Gambar 2. Kurva Isoterm Langmuir

Pengujiaan persamaan adsorbsi Langmuir dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga keofisien determinasi $R^2 \geq 0{,}9895$ (mendekati angka 1) seperti ditunjukkan pada gambar 2. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Langmuir dapat diterapkan pada proses adsorbsi ion logam besi (Fe). Diperoleh persamaan Langmuir $C_e/(x/m) = 1{,}0761\ C_e - 0{,}1446$. Penentuan harga konstanta langmuir ditunjukkan pada tabel 5.

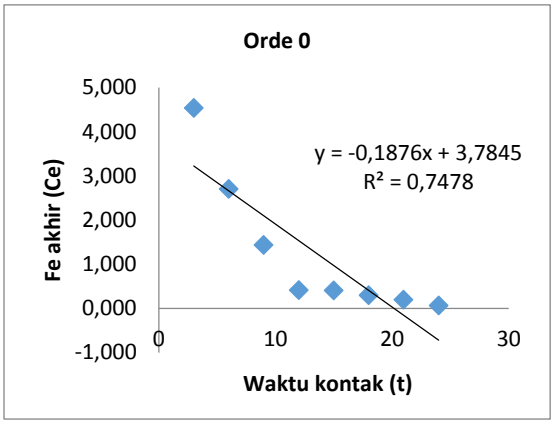
Tabel 5. Harga konstanta langmuir

Isoterm	Konstanta	Harga
Langmuir	d	0,929 mg/g
	K	1,000 L/mg

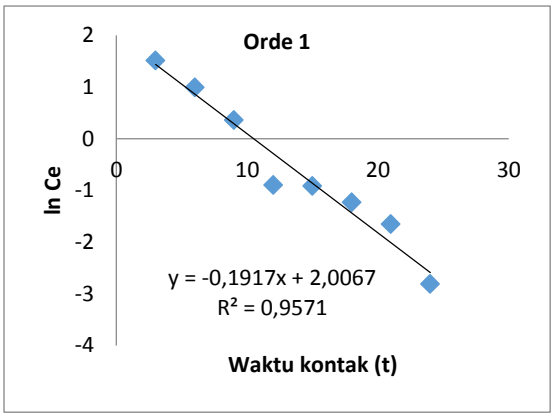
Pada tabel 6. menunjukkan bahwa penentuan daya adsorbsi maksimum ampas kopi pada proses penyerapan logam besi (Fe) dihitung dengan menggunakan persamaan Langmuir. Kapasitas / daya adsorbsi maksimum dalam satuan mg ion logam besi yang teradsobsi /gram ampas kopi.Dengan harga (d) yang merupakan daya adsobsi maksimum sebesar 0,929 mg/gram.

Penentuan Orde pada 400 rpm

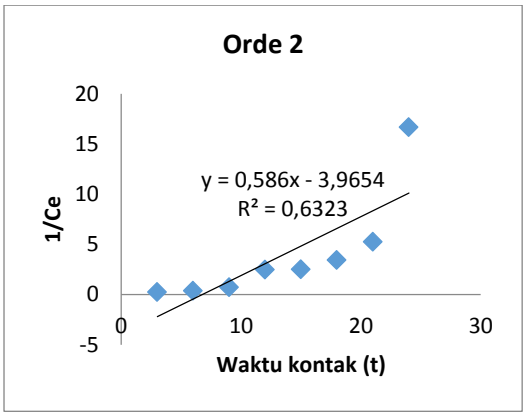
Penentuan orde pada 400 rpm dilakukan dengan linear menggunakan persamaan orde nol, orde satu, dan orde dua.



Gambar 3**.** Model kinetika orde nol pada 400 rpm pada variasi waktu



Gambar 4**.** Model kinetika orde satu pada 400 rpm pada variasi waktu



Gambar 5**.** Model kinetika orde dua pada 400 rpm pada variasi waku

Tabel 6. Harga masing-masing orde

	Orde 0	Orde 1	Orde 2
Nilai R^2	0,7478	0,9571	0,6323
Konstanta lajureaksi (k)	-0,1876	-0,1917	0,586

Sehingga adsorpsi Fe pada karbon aktif ampas kopi pada 400 rpm dapat dijelaskan mengikuti model kinetika orde satu , berdasarkan R^2 yang mendekati 1 seperti pada tabel 6.

Dari persamaan garis lurus y = mx + b dan persamaan orde satu diketahui bahwa slope m = -k = -0,1917, x = t (menit), b= 2,0067= ln C_{A0} , dan y = ln C_e. Sehingga dapat diturunkan ke rumus mencari k :

$$k = \frac{\ln CA0 - \ln C_e}{t} \quad (9)$$

Dengan memasukkan nilai t dan ln C_e pada rumus di atas maka akan dihasilkan nilai k yang mendekati nilai slope m yaitu 0,84143. Nilai yang didapatkan tidak sama karena R^2 dari grafik di atas adalah 0,9571.

KESIMPULAN

Pengujiaan kandungan Besi (Fe) Air Sumur dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*. Sebelum dikontakkan dengan karbon aktif dari ampas kopi sebesar 13,652 mg/L dan setelah diadsorbsi dengan karbon aktif dari ampas kopi dengan variasi waktu 3 menit ; 6 menit ; 9 menit ; 12 menit ; 15 menit ;18 menit ; 21 menit ; 24 menit ; 27 menit ; 30 menit, didapatkan kandungan Fe berturut-turut adalah 4,531 ppm ; 2,701 ppm ; 1,432 ppm ; 0,408 ppm ; 0,400 ppm ; 0,292 ppm ; 0,191 ppm ; 0,060 ppm ; TTD ; TTD.

Waktukontakterbaikuntukmenurunkankonsentrasibesi (Fe) pada air sumurdengan karbonaktifdariampas kopi adalah pada waktu 24 menit dengan kecepatan 400 rpm.

Pengujiaan persamaan adsorbsi Langmuir dibuktikan dengan $R^2 \geq 0,9895$ serta diperoleh persamaan Langmuir Ce/(x/m) = 1,0761 Ce - 0,1446.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Lubis, S., dan R. Nasution. 2002. *Pemanfaatan Limbah Bubuk Kopi Sebagai Adsorben Pada Penurunan Kadar Besi (Fe Organik) dalam air minum.* Jurnal Natural, volume 2, No.2, September 2002: 12-16.

[2] Waluyo, L. 2009. *MikrobiologiLingkungan*. Malang: UMM Press.

[3] Rahayu, T. 2004. *"Karakteristik Air Sumur Dangkal di Wilayah Kartasura danUpayaPenjernihannya*".Jurnal MIPA. Vol. 14 (1), hlm. 40 – 51.

[4] Mirwan, M. 2005. *"DaurUlangHasilIndustriGula (AmpasTebu / Bagasse) DenganProses KarbonisasiSebagaiKarbon aktif.* JurnalRekayasaPerencanaan. Vol. 1 (3).

[5] Alfathoni, Girun. 2011.*Produksi karbon Aktif.* Yogyakarta: PT. Buana Petrolindo Nusantara.

[6] MetCalf and Eddy, 2003, *Waste water Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, 4th ed., McGraw Hill Book Co., New York.

[7] Dinas Lingkungan Hidup (Keputusan Menteri Kesehatan RI, Nomor 907/Menkes/ SK/ VII/2002).

- halaman ini sengaja dikosongkan -