

# Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Temperatur terhadap Konstanta Kecepatan Adsorpsi $\text{Cu}^{2+}$ dengan Arang Aktif Cangkang Sawit Sisa Pembuatan Asap Cair

Drastinawati<sup>1</sup> dan Zultiniar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Konversi Elektrokimia, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau

<sup>2</sup>Laboratorium Teknologi Produk, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simp. Baru Pekanbaru 28293

Telp. (0761) 63270, Fax. (0761) 63270

E-mail: drastinawati@yahoo.com

## Abstract

Palm shell charcoal is a waste of liquid smoke, which is activated using water vapor that can serve as heavy metal adsorbent. Waste that pollutes the waters covering a variety of pollutants, either in the form of organic and inorganic waste. This research was conducted to study the effect of stirring speed and temperature on the power adsorption Cu and Cu adsorption kinetics study. The study begins with the manufacture of activated charcoal by pyrolysis at temperatures of 350°C with a time of 2 hours long. Then activated charcoal activated by heating using a tube furnace at a temperature of 800°C for 60 minutes. Adsorption process is conducted in this study in batch by varying the adsorption temperature (27°C, 35°C, and 45°C) and varying the stirring speed (200, 300, 400, and 500 rpm) with a size of -40 +60 mesh carbon. Results adsorption measured using atomic absorption spectrofotometer (AAS). Adsorption kinetics of  $\text{Cu}^{2+}$  followed the first order. Greatest absorption rate constant values obtained at stirring speed 500 rpm and a temperature of 35°C is 0,0296 (min)<sup>-1</sup>.

Keywords: activated charcoal, adsorption kinetics, metal Cu, palm shells, pyrolysis

## 1. Pendahuluan

Logam-logam berat merupakan limbah industri yang sering menimbulkan masalah pencemaran di sungai. Teknologi yang umum digunakan untuk mengatasi limbah logam berat tersebut adalah presipitasi, pertukaran ion, *reverse osmosis*, penjerapan dengan zeolit dan penambahan bahan kimia. Namun cara ini tidak efektif karena butuh biaya operasi yang cukup tinggi dan dapat menimbulkan masalah pencemaran yang baru. Penjerapan logam berat dengan arang aktif merupakan teknologi alternatif yang dapat dikembangkan, sebab arang yang digunakan memiliki kelebihan-kelebihan diantaranya mampu bekerja pada konsentrasi rendah (Shinta, 2006), dan arang aktif juga salah satu adsorben yang paling

populer untuk menghilangkan ion-ion logam dari larutan (Kikuchi dkk, 2006; Kassim, dkk., 2004) selain harganya murah dan mudah didapat.

Dari beberapa penelitian yang menggunakan arang aktif dalam penjerapan logam berat, diketahui bahwa arang aktif yang digunakan berasal dari berbagai limbah. Sari (2009) menggunakan arang aktif dari cangkang sawit, Wijayanti (2009) menggunakan berbagai arang aktif dari ampas tebu, dan Lelyfajri (2010) menggunakan arang aktif dari serbuk kayu gergaji. Sari (2009) telah melakukan penelitian aktifasi arang cangkang sawit dari pembuatan asap cair dengan pirolisis cangkang sawit dengan aktivator fisika menggunakan uap air pada kondisi temperatur 80°C selama 60 menit diperoleh arang aktif dengan kandungan kadar air 3,17%, kadar abu

4,99 % dan daya serap iodin 982,44 mg/g. Wijayanti (2009) menggunakan arang aktif dari ampas tebu sebagai adsorben dalam pemurnian minyak goreng bekas. Hasil pemurnian menunjukkan bahwa arang aktif yang digunakan dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak goreng bekas. Adsorpsi logam  $\text{Cu}^{2+}$  juga dapat dilakukan dengan menggunakan lignin dari limbah serbuk kayu gergaji seperti yang dilakukan Lelyfajri (2010). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap optimum lignin dari limbah serbuk kayu gergaji adalah pada waktu kontak 30 menit, pH larutan 6 dan konsentrasi adsorbat ion tembaga 20 mg/L dengan efisiensi penyerapan 99,3 %.

Selain arang aktif, penjerapan logam berat juga dapat dilakukan dengan menggunakan tanah berlumpung seperti yang dilakukan Haryanto (2009). Haryanto (2004) memvariasikan jenis tanah yang digunakan untuk menyerap logam  $\text{Cu}^{2+}$  pada air limbah. Jenis tanah yang digunakan yaitu, tanah berlempung, tanah lempung berpasir, dan tanah pasir. Ketiga jenis tanah tersebut dapat digunakan sebagai bahan penjerap tembaga dan logam berat yang lain dalam pengolahan air limbah industri. Namun jenis tanah yang paling optimum dalam menyerap logam  $\text{Cu}^{2+}$  adalah tanah berlempung. Limbah yang berasal dari cangkang kelapa sawit dapat dijadikan arang aktif dan dimanfaatkan sebagai alternatif penjerap logam-logam yang berbahaya seperti ion  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  dan lain-lain. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Andriyasih (2008), dari 250 gram cangkang kelapa sawit dihasilkan arang sebanyak 128,9 gram melalui proses pirolisis pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  pada pembuatan asap cair. Pada proses pembuatan asap cair skala industri, dengan konversi arang mencapai 51,56%, maka ketersediaan arang aktif akan sangat banyak seiring dengan perkembangan industri tersebut. Selain itu, luasnya perkebunan kelapa sawit Provinsi Riau yang mencapai 24,85% dari total perkebunan sawit nasional juga menjadi faktor pendukung. Dari perkebunan kelapa sawit tersebut, akan dihasilkan limbah cangkang kelapa

sawit yang cukup besar, maka perlu dimanfaatkan agar dapat mengurangi pencemaran (BPS, 2000).

Penggunaan arang aktif dari cangkang sawit untuk penjerap  $\text{Cu}^{2+}$  belum diteliti, maka perlu dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya jerap arang aktif cangkang sawit untuk menjerap logam berat tembaga.

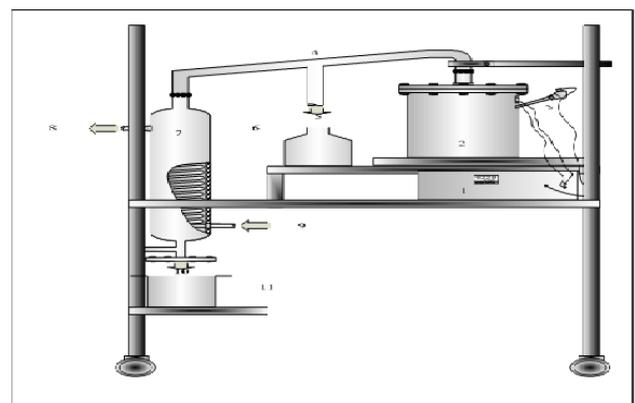
## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah arang cangkang kelapa sawit sisa pembuatan asap cair yang dibuat sendiri dari bahan limbah cangkang sawit dalam reaktor pirolisis. Limbah cangkang sawit diperoleh dari perkebunan kelapa sawit yang ada di Pekanbaru. Bahan utama lainnya adalah ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  yang diperoleh dari laboratorium kimia tempat penelitian ini dilaksanakan.

### 2.2. Alat

Alat yang digunakan untuk proses pembuatan arang yaitu reaktor pirolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



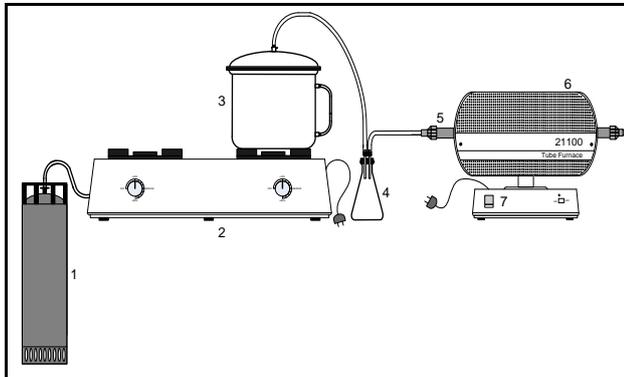
**Gambar 1.** Rangkaian alat produksi asap cair (*Liquid Smoke*)

Keterangan :

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| 1. Alat kontrol termostat | 7. Kondensor     |
| 2. Reaktor pirolisis      | 8. Air pendingin |

3. Sensor termometer
4. Pipa penyaluran asap
5. TAR
6. Penampung TAR
9. Air pendingin
10. Asap cair
11. Penampung asap cair

2. Motor pengaduk
3. Larutan  $\text{Cu}^{+2}$  + Arang Aktif
4. Switch
5. Thermometer

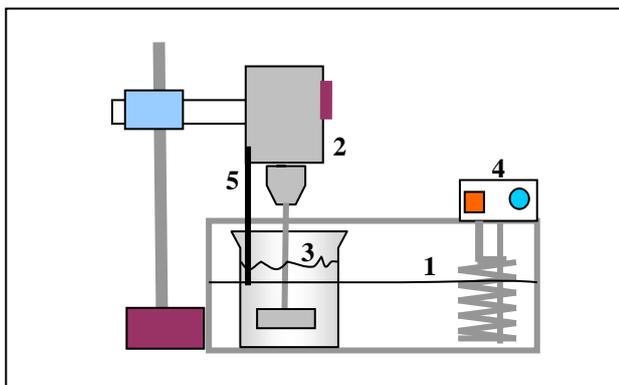


**Gambar 2.** Rangkaian alat produksi arang aktif

Keterangan:

1. Tabung gas
2. Kompor gas
3. Boiler
4. Alat penangkap air
5. Tube
6. Tube Furnace
7. Control temperature

Arang yang telah diaktifasi diayak dengan ukuran -40 + 60 mesh. Selanjutnya dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan rangkaian alat seperti Gambar 3 yang terdiri dari *water batch, secker*, erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, labu takar, pipet tetes, kertas saring dan pH meter. Konsentrasi larutan sampel dianalisa dengan menggunakan *Atomic Adsorption Spectrofotometer* (AAS).



**Gambar 3.** Susunan alat penelitian

Keterangan :

1. Heater coil

### 2.3. Variabel Penelitian

Volume larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 500 ml. Berat adsorben yang digunakan 2 gr dengan ukuran partikel adsorben -40 +60 mesh. Konsentrasi larutan  $\text{Cu}^{2+}$  75 ppm. Suhu proses adsorpsi divariasikan pada suhu kamar ( $27^\circ\text{C}$ ),  $35^\circ\text{C}$  dan  $45^\circ\text{C}$ . Sedangkan kecepatan pengadukan divariasikan pada 200 rpm, 300 rpm, 400 rpm, dan 500 rpm.

### 2.4. Prosedur Penelitian

#### *Pembuatan Arang*

Cangkang sawit seberat 250 gram dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Suhu pirolisis di set menjadi  $350^\circ\text{C}$  dengan waktu 2 jam (Andriyasih, 2008). Setelah proses selesai, arang hasil pirolisis dikeluarkan. Semua arang dari proses karbonisasi dikumpulkan, kemudian ukuran arang diperkecil dengan cara ditumbuk menggunakan lumbung kayu dan mold, kemudian arang diayak menggunakan mesh 40 dan mesh 60. Arang hasil ayakan yang digunakan untuk penelitian adalah arang dengan ukuran -40 +60 mesh.

#### *Aktifasi Arang*

Boiler dan alat penangkap air dirangkai dengan menghubungkan selang plastik keluaran uap dari boiler dengan salah satu pipa aluminium pada tutup erlenmeyer. Pipa aluminium lain yang terpasang pada tutup erlenmeyer disambungkan ke pipa aluminium tube dengan selang plastik. Aquades dimasukkan ke dalam boiler hingga volume boiler hampir penuh. Sampel berupa arang dimasukkan ke dalam tube.

Setelah sampel arang dimasukkan ke dalam *tube furnace*, suhu *set point* (SP) di set menjadi 800°C selama 60 menit (Sari, 2009). Suhu alarm di set sesuai suhu SP. Kompor gas dihidupkan sebelum suhu yang diinginkan tercapai, hingga ketika suhu yang diinginkan tercapai boiler menghasilkan uap air. Waktu aktivasi dihitung saat suhu tercapai atau pada saat boiler pertama kali menghasilkan uap air. Setelah selesai aktivasi, arang dikeluarkan dari *tube* dan ditimbang massanya.

Pada proses ini untuk mendapatkan kecepatan adsorpsi  $Cu^{2+}$  dilakukan percobaan secara batch. Larutan  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dengan konsentrasi  $Cu^{2+}$  75 ppm dan volume larutan 500 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian dimasukkan arang aktif seberat 2 gram dan kecepatan pengadukan dilakukan pada 200 rpm dan suhu 35 °C. Proses pengadukan dilakukan selama 120 menit, dan tiap 20 menit diambil sampel sebanyak 10 ml kemudian disaring lalu dianalisa dengan menggunakan AAS. Percobaan yang sama diulangi dengan variasi kecepatan pengadukan 300, 400 dan 500 rpm pada temperatur 45 °C. Kecepatan adsorpsi  $Cu^{2+}$  dapat ditentukan dari data konsentrasi larutan sampel yang diperoleh setelah dianalisis dengan AAS.

Kinetika reaksi dihitung dengan melihat perubahan kondisi reaktan sebagai fungsi waktu. Kinetika reaksi pada penelitian ini diasumsikan pada orde 1 (Smith, 1981).

$$\ln C_A = -kt + \ln C_{A0} \tag{1}$$

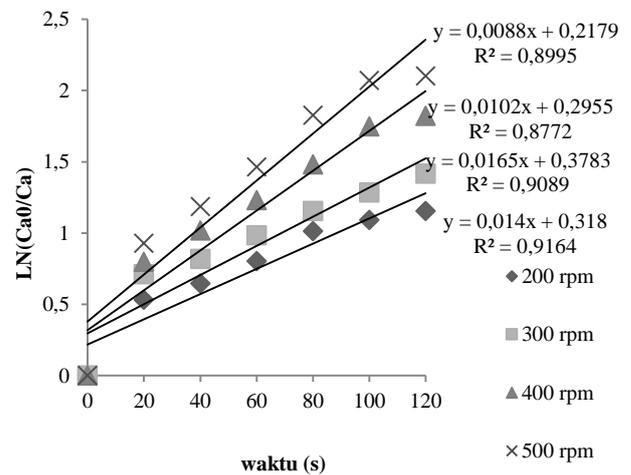
Dimana :

- $C_A$  = Konsentrasi
- $C_{A0}$  = Konsentrasi awal
- $t$  = waktu (menit)
- $k$  = konstanta

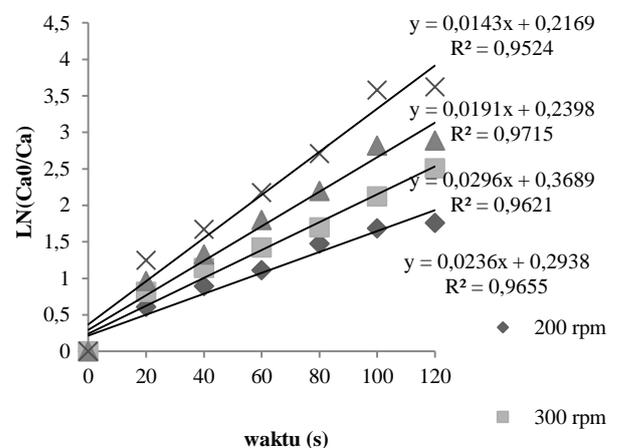
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Laju Jerap Karbon Aktif

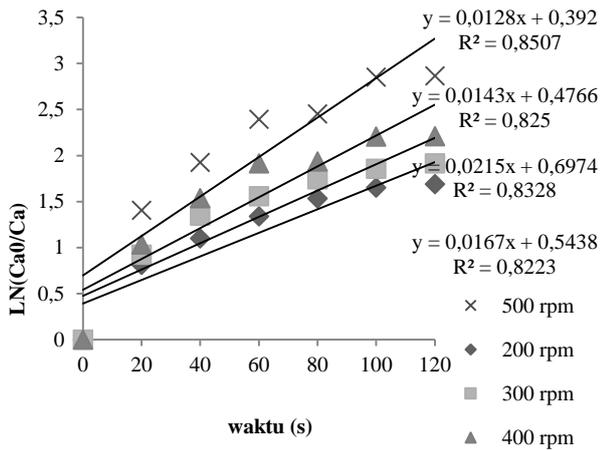
Proses adsorpsi ini dilakukan dengan variasi kecepatan pengadukan 200 rpm, 300 rpm, 400 rpm, dan 500 rpm. Kondisi awal adsorben adalah ukuran partikel 40 mesh (180 mikrometer), konsentrasi adsorbat pada 75 ppm dengan suhu 27 °C, 35 °C, dan 45 °C. Penentuan orde dan konstanta laju reaksi dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Kinetika penyerapan logam  $Cu^{2+}$  pada karbon aktif dengan kecepatan pengadukan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Kinetika penyerapan logam  $Cu^{2+}$  pada karbon aktif dengan suhu 27 °C



Gambar 5. Kinetika penyerapan logam  $Cu^{2+}$  pada karbon aktif dengan suhu 35 °C



**Gambar 6.** Kinetika penyerapan logam Cu<sup>2+</sup> pada karbon aktif dengan suhu 45 °C

Dari hubungan t versus C<sub>s</sub> dan plot dalam bentuk garis lurus antara t terhadap ln (C<sub>o</sub>/C<sub>s</sub>) (C<sub>o</sub> = C<sub>Ao</sub>, dan C<sub>s</sub> = C<sub>A</sub>) tampak bahwa adsorpsi mengikuti kinetika orde-satu seperti diilustrasikan dalam Gambar 4, 5, dan 6. Plot  $\ln \frac{C_{Ao}}{C_A}$  vs t, sebagai fungsi waktu diperoleh garis linier

dengan slope (k). Dari nilai k (konstanta kecepatan adsorpsi) ini diperoleh informasi besarnya laju adsorpsi logam Cu pada karbon aktif dari cangkang sawit.

Berdasarkan hasil plot diatas maka nilai k yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3.

**Tabel 1.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap Cu<sup>2+</sup> pada suhu 27 °C

No.	Kecepatan pengadukkan (rpm)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	200	0,0088
2	300	0,0102
3	400	0,0165
4	500	0,014

**Tabel 2.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap Cu<sup>2+</sup> pada suhu 35 °C

No.	Kecepatan pengadukkan (rpm)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	200	0,0143
2	300	0,0191
3	400	0,0296
4	500	0,0236

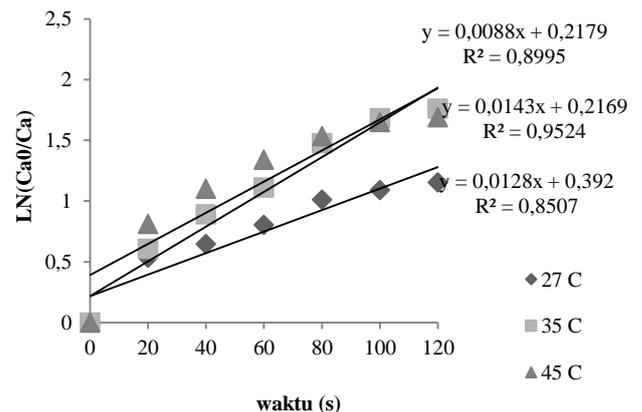
**Tabel 3.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap Cu<sup>2+</sup> pada suhu 45 °C

No.	Kecepatan pengadukkan (rpm)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	200	0,0128
2	300	0,0143
3	400	0,0215
4	500	0,0167

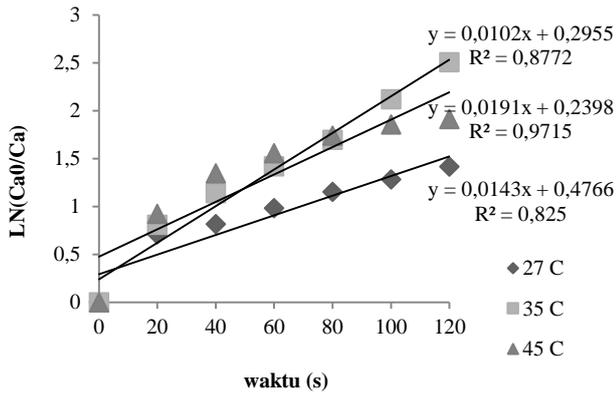
Berdasarkan Tabel 1, 2, dan 3 dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukan maka diperoleh konstanta adsorpsi yang besar pula. Ini disebabkan bahwa semakin besar pengadukan maka lapisan film semakin tipis sehingga kecepatan adsorpsi secara keseluruhan akan menjadi lebih cepat. Pada suhu 35 °C dengan semakin tingginya kecepatan pengadukan (500 rpm), nilai laju adsorpsi (k) yang dihasilkan dari adsorpsi karbon aktif pada cangkang sawit lebih baik dibandingkan suhu yang lainnya.

### 3.2. Pengaruh Suhu terhadap Laju Jerap Karbon Aktif

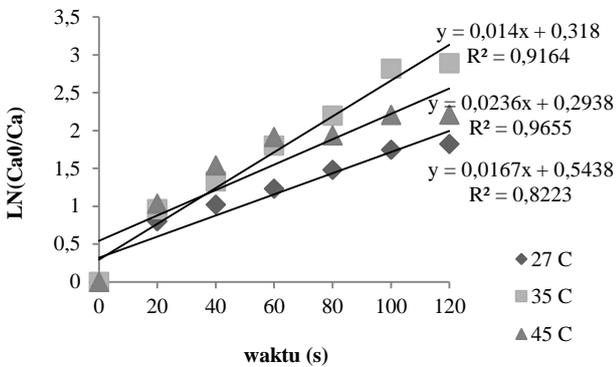
Kinetika penyerapan logam Cu<sup>2+</sup> pada karbon aktif pada suhu yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 7, 8, 9, dan 10.



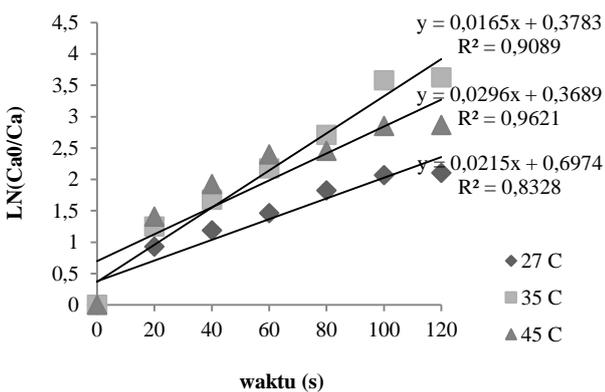
**Gambar 7.** Kinetika penyerapan logam Cu<sup>2+</sup> pada karbon aktif dengan pengadukkan 200 rpm



**Gambar 8.** Kinetika penyerapan logam  $\text{Cu}^{2+}$  pada karbon aktif dengan pengadukkan 300 rpm



**Gambar 9.** Kinetika penyerapan logam  $\text{Cu}^{2+}$  pada karbon aktif dengan pengadukkan 400 rpm



**Gambar 10.** Kinetika penyerapan logam  $\text{Cu}^{2+}$  pada karbon aktif dengan pengadukkan 500 rpm

Dari Gambar 7, 8, 9, dan 10 dapat dilihat, diperoleh nilai k pada suhu yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 4, 5, 6, dan 7.

**Tabel 4.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  pada pengadukkan 200 rpm

No.	Suhu (°C)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	27	0,0088
2	35	0,0143
3	45	0,0128

**Tabel 5.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  pada pengadukkan 300 rpm

No.	Suhu (°C)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	27	0,0102
2	35	0,0191
3	45	0,0143

**Tabel 6.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  pada pengadukkan 400 rpm

No.	Suhu (°C)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	27	0,014
2	35	0,0236
3	45	0,0167

**Tabel 7.** Hasil nilai k adsorpsi karbon aktif terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  pada pengadukkan 500 rpm

No.	Suhu (°C)	k (menit) <sup>-1</sup>
1	27	0,0165
2	35	0,0296
3	45	0,0215

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa nilai konstanta kecepatan reaksi meningkat sampai suhu optimum, dan kemudian mengalami penurunan. Nilai konstanta kecepatan reaksi terbesar diperoleh pada suhu 35°C.

## 4. Kesimpulan

### 4.1. Kesimpulan

Semakin lama waktu adsorpsi maka daya jerap karbon aktif dari cangkang sawit terhadap logam  $\text{Cu}^{2+}$  semakin besar sebaliknya konsentrasi larutan logam  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan makin kecil sampai kondisi setimbang. Semakin besar kecepatan pengadukkan maka diperoleh konstanta adsorpsi yang besar pula. Konstanta kecepatan reaksi meningkat hingga suhu optimum tercapai, kemudian mengalami penurunan. Pada pengaruh suhu konstanta penjerapan yang baik terjadi pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$ . Kinetika adsorpsi pada penelitian ini mengikuti kinetika orde-satu. Nilai konstanta kecepatan penyerapan terbesar diperoleh pada kecepatan pengadukan 500 rpm dan suhu  $35^{\circ}\text{C}$  yaitu  $0,0296 \text{ (menit)}^{-1}$ .

### 4.2. Saran

Penggunaan karbon aktif dari cangkang sawit sebagai adsorben perlu diuji pada skala pilot untuk mendapatkan data-data tambahan yang diperlukan dalam perancangan sistem pengolahan air.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Sunario yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Andriyasih, T. 2008. *Pembuatan Asap Cair Dari Cangkang Kelapa Sawit*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau. Pekanbaru.
- Biro Pusat Statistik. 2000. *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor*. Jakarta.
- Haryanto. 2004. *Penjerapan tembaga (II) dalam Air Limbah dengan Beberapa Jenis Tanah*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kikuchi, Y., Qian, Q., Machida, M. 2006. Effect of ZnO loading to activated carbon on Pb (II), adsorption from Aqueous solutions. *Carbon* 44: 195-202.
- Lelyfajri. 2010. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Lignin dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(3): 126-129.
- Sari, E.N. 2009. *Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Asap Cair*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Shinta, D. 2006. Perbandingan Daya Jerap Zeolit terhadap Karbon Aktif pada Proses Adsorpsi Logam Pb. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics*, 3<sup>rd</sup> Ed. McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- Wijayanti, Ria. 2009. *Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. FMIPA IPB: Bogor.