

# ADSORPSI DETERGEN MEMAKAI BATUBARA PADA KOLOM KONTINYU

## DETERGENT ADSORPTION USING COAL IN CONTINUOUS COLOUMN

Mohammad Razif<sup>1)</sup> dan Atiek Moesriati<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

### Abstrak

Dalam penelitian laboratorium ini digunakan tiga macam konsentrasi larutan detergen, tiga macam ukuran media batubara, tiga macam ketinggian media dalam kolom adsorpsi dan tiga macam jenis detergen. Dari hasil penelitian untuk pengaruh konsentrasi larutan, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin berkurang waktu pengoperasian. Untuk pengaruh ukuran media, didapat perubahan ukuran media menghasilkan waktu operasi sampai jenuh yang berbeda. Sedangkan untuk pengaruh tinggi media, didapat penambahan tinggi media akan meningkatkan efisiensi removal. Penelitian ini juga telah menghasilkan konstanta kinetika adsorpsi dan kapasitas media batubara untuk detergen So Klin, Rinso dan Daia

Kata kunci : adsorpsi, batubara, detergen, kolom kontinyu

### Abstract

This research used three kinds of concentration of detergent, three kinds of coal media size, three kinds of media height in columns adsorption and three kinds of detergent type and was done in laboratory scale. This research resulted for the influence of condensation concentration, seen [by] that excelsior of condensation concentration, on the wane operation time. While for the influence of media height, a high addition of media will improve the efficiency removal. This research have also yielded by the kinetics constantan of adsorption and capacities of coal media for the detergent of So Klin, Rinso And Daia.

Keywords: adsorption, coal, detergent, continuous column

### 1. PENDAHULUAN

Limbah detergen telah menimbulkan masalah pada sumber air baku PDAM dibanyak kota besar akibat dari limbah domestik dan industri. Detergen ini dapat ditangkap kembali lewat proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses akumulasi substansi di permukaan (*interface*) antara dua fase yang terjadi secara fisika dan atau kimia atau proses terserapnya molekul-molekul pada permukaan eksternal dan internal suatu padatan atau sebagai peristiwa fisika yang melibatkan akumulasi antar fase pada permukaan suatu bahan.

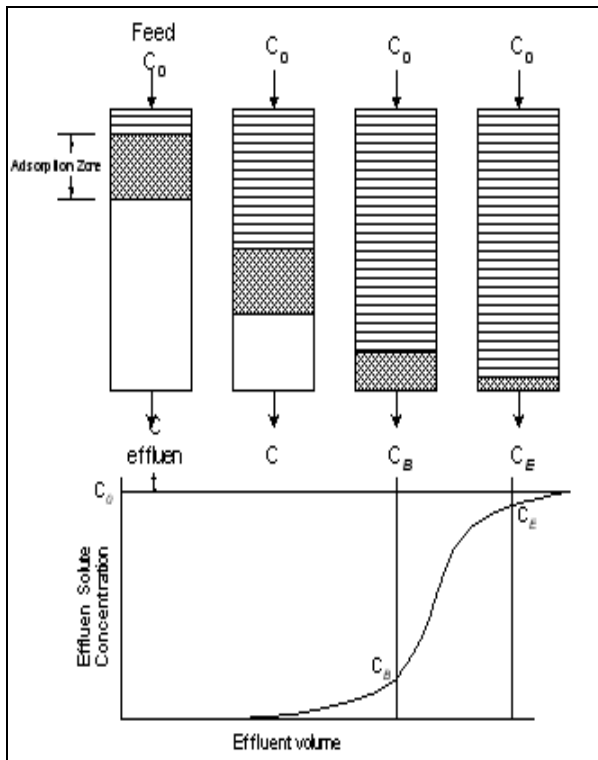
Batubara berasal dari endapan organik yang berumur jutaan tahun merupakan salah satu bahan tambang yang menjadi andalan Indonesia karena potensi yang sangat besar sebagai bahan bakar alternatif. Cadangan batubara di Indonesia sebesar 36,3 miliar ton, diperkirakan tidak akan habis sampai akhir abad 21. Batubara ini dapat dimanfaatkan sebagai media adsorpsi.

Detergen komersial pada umumnya mempunyai komposisi 20%-30% merupakan bahan zat aktif permukaan (surfaktan) dan 70%-80% merupakan bahan-bahan lain (*detergen builders*) antara lain sodium sulfat, sodium polyfosfat, sodium silikat dan material lain yang dapat mempertinggi daya bersih detergen.

Penelitian adsorpsi pada umumnya dapat dilakukan dengan proses batch dan atau proses kontinyu. Proses batch memberikan gambaran kemampuan adsorban dengan mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Proses kontinyu akan memberikan data-data yang diperlukan untuk perencanaan kolom adsorpsi dengan cara mengalirkan larutan sampel melalui kolom adsorpsi dengan variasi beban, ukuran media adsorbat, ketinggian media dalam kolom dll.

Proses kontinyu dapat diooperasikan dengan alternatif pilihan yaitu *moving bed adsorbers*, *fixed-bed adsorbers*, dan *fluidized-bed adsorbers*. Pada pene-

litian ini dipakai model *down flow fixed bed adsorption column*. Pada Gambar 1 di bawah, terlihat bahwa panjang kolom dimana terjadi adsorpsi tersebut disebut dengan Adsorption Zone (Zs). Larutan pada zone ini akan mengalami perpindahan massa pada fase cair (*liquid*) ke fase padat (*solid*), karena zone ini sering juga disebut *The Mass Transfer Zone*. Proses transfer massa ini akan mencapai kesetimbangan antara fase cair dengan penyerapannya pada fase padat. Proses ini secara ideal digambarkan sebagai kurva seperti huruf S sebagai hubungan konsentrasi efluen dan volume terolah, seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pergerakan Zona Adsorpsi Pada *Down Flow Fixed Bed Column*

Dari kurva di atas dapat diketahui titik-titik kritis, yaitu  $C_B$  (*breakthrough-point*) dan  $C_E$  (*exhaustion-point*). *Breakthrough-point* adalah titik dimana kemampuan adsorban dalam kolom secara tiba-tiba berubah memburuk hingga menaikkan konsentrasi efluen. *Exhaustion-point* adalah titik dimana terjadi kejenuhan pada kolom yang ditandai dengan besarnya konsentrasi efluen mendekati konsentrasi influen. Kurva yang menghubungkan  $C_B$  dan  $C_E$  adalah kurva *breakthrough*.

Data yang diperlukan adalah kurva *breakthrough*. Persamaan Thomas dapat dilihat seperti Persamaan 1 berikut ini.

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + e^{\frac{Kl}{Q}[q_o.M - C_o.V]}} \quad (1)$$

dimana :

$C_e$  = konsentrasi pada efluen

$C_o$  = konsentrasi pada influen

$Kl$  = konstanta kecepatan adsorpsi

$q_o = (x/m)_o$  = massa solute per massa adsorban mula-mula (gr/gr)

$M$  = massa adsorban (gram)

$V$  = volume yang melalui kolom (liter)

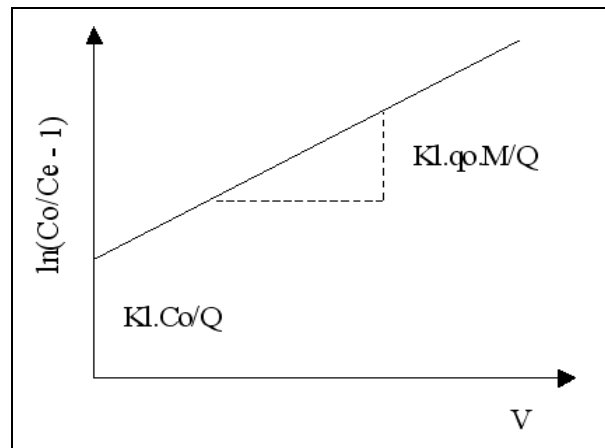
$Q$  = flow rate (lt/jam)

Dari persamaan di atas didapatkan Persamaan 2 dan Persamaan 3 berikut :

$$\frac{C_o}{C_e} = 1 + e^{\frac{Kl}{Q}[q_o.M - C_o.V]} \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{Kl.q_o.M}{Q} - \frac{Kl.C_o.V}{Q} \quad (3)$$

Apabila persamaan ini dinyatakan dalam bentuk grafik  $y = ax + b$ , dengan sumbu y menyatakan nilai  $\ln(C_o/C_e - 1)$  dan sumbu x menyatakan nilai  $V$  (volume) maka akan diperoleh nilai slope =  $a = Kl.C_o/Q$  dan nilai intersep =  $b = (Kl.q_o.M/Q)$  seperti terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Pendekatan Kinetik

Pada adsorpsi surfaktan detergen dengan media batubara, proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika. Hal ini karena alasan dari polaritas surfaktan, solubilitas surfaktan, polaritas pelarut surfaktan (air), dan polaritas batubara. Surfaktan adalah senyawa organik aromatik yang mempunyai polaritas yang rendah/hampir nonpolar dan mempunyai gugus hidrofilik dan hidrofobik. Tingkat kelarutannya dalam air tergantung panjang rantai karbonnya,

semakin panjang semakin hidrofobik sifatnya dan semakin kecil tingkat kelarutannya. Ini menyebabkan surfaktan yang mempunyai rantai carbon yang lebih panjang akan mempunyai tingkat adsorpsi yang lebih tinggi.

Sifat pelarut surfaktan juga akan mempengaruhi tingkat adsorpsi yang terjadi. Air adalah pelarut yang bersifat polar, karena adanya ikatan hidrogen maupun unsur mineral dalam air. Sehingga kelarutan senyawa nonpolar dalam air akan selalu lebih kecil daripada senyawa polar pada pelarut polar (air) dan menyebabkan sifat lyophobic (tidak suka pelarut) pada senyawa nonpolar menjadi lebih besar. Kondisi menguntungkan proses adsorpsi pada media karbon adalah adsorpsi solute polaritas rendah ataupun *solute* nonpolar dalam pelarut polar seperti air (Rubiyatadji, 1993).

Batubara adalah media yang mempunyai unsur karbon cukup besar (70-90%) dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Batubara, sebagaimana karbon aktif, umumnya mempunyai sifat nonpolar, membuat adsorpsi senyawa anorganik lebih sulit daripada adsorpsi senyawa organik dan membuat tingkat adsorpsi senyawa dengan polaritas rendah lebih baik dari senyawa polar.

Penggunaan batubara, sebagai adsorban, dalam pengolahan air limbah industri telah diuji terhadap parameter organik berupa COD, BOD, SS dan warna pada pabrik kertas (Razif, 1992). Sistem penelitiannya adalah batch dan kontinyu.

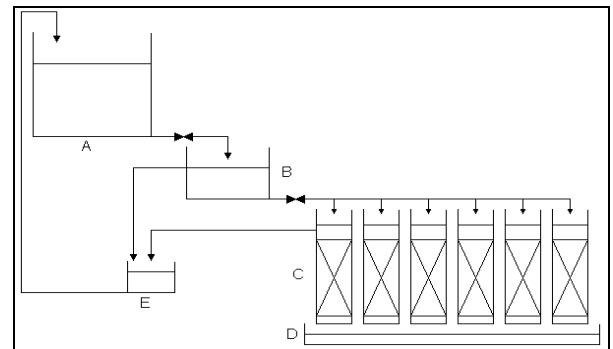
Pada proses kontinyu, dengan tinggi media lebih dari 75 cm terdapat removal parameter yang besar (50-100%). Kemampuan batubara, batu karang dan pasir sebagai adsorban pada reaktor batch dan kontinyu untuk parameter organik (COD, BOD, SS) dan kekeruhan lindi sampah juga menunjukkan hasil yang baik (Asih dan Razif, 1995). Hasil yang sama ditunjukkan penelitian sejenis terhadap air limbah pabrik spiritus dan alkohol (Razif dkk, 1994).

Penelitian adsorpsi surfaktan juga telah dilakukan dengan adsorban karbon aktif (Rubiyatadji, 1993). Telah ada juga penelitian adsorpsi surfaktan dengan sisa pembakaran batubara/FBA (Cipta, 1998). Penelitian kolom adsorpsi air baku IPA Kayun juga telah menghasilkan konstanta kinetika  $K_1 = 0,1401$  liter/mg.jam dan kapasitas media  $q_0 = 1,094 \cdot 10^{-4}$  mg surfaktan/mg batubara (Razif dkk, 1999).

## 2. METODOLOGI

Variabel Penelitian yang digunakan adalah variasi diameter butir media, yaitu diameter media I : lolos ayakan no.6 tertahan ayakan no.8 (3,35–2,36 mm); diameter media II : lolos ayakan no.8 tertahan ayakan no.10 (2,36 - 2,00 mm); diameter media III : lolos ayakan no.10 tertahan ayakan no.12 (1,63–2,00 mm). Variabel yang kedua yaitu variasi jenis detergen yaitu Rinso Anti Noda, So Klin Higienis, dan Daia. Kemudian variasi konsentrasi surfaktan untuk tiap jenis detergen sebesar 0,5 mg/l, 1,0 mg/l dan 1,5 mg/l dan variasi ketinggian media dalam kolom adsorpsi yaitu 100 cm, 150 cm dan 200 cm

Untuk penelitian proses kontinyu ini digunakan model reaktor seperti terlihat pada Gambar 3.



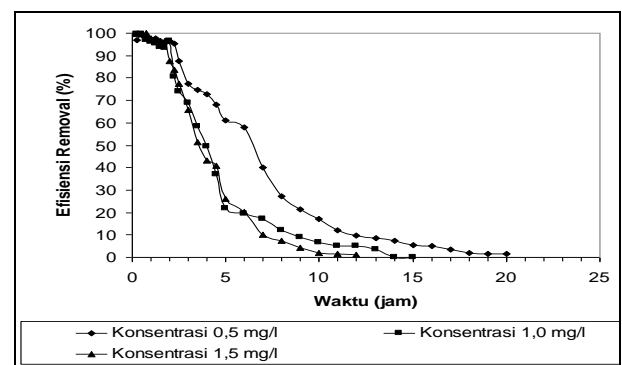
**Gambar 3.** Reaktor Penelitian

Keterangan :

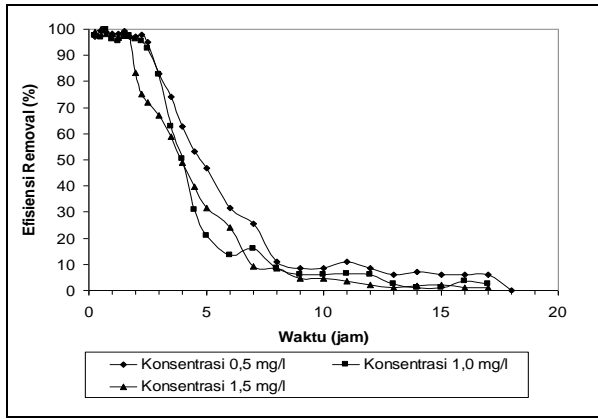
- A : Bak Penampung Influen
- B : Bak Pengatur Debit
- C : Reaktor Kolom
- D : Bak Penampung Overflow
- E : Bak Overflow

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

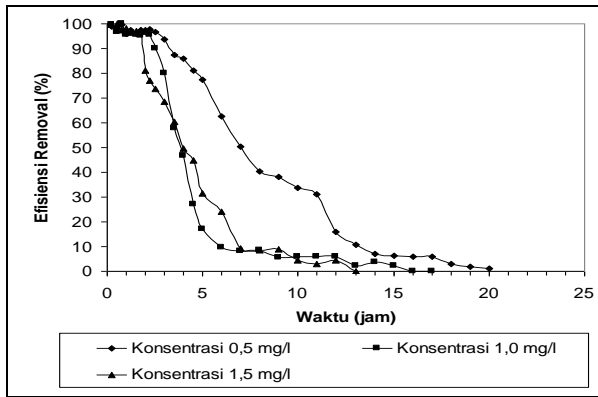
Pengoperasian kolom untuk variabel konsentrasi larutan menghasilkan kurva S di Gambar 4 sampai Gambar 6.



**Gambar 4.** Efisiensi Removal Daia



Gambar 5. Efisiensi Removal So Klin



Gambar 6. Efisiensi Removal Rinso

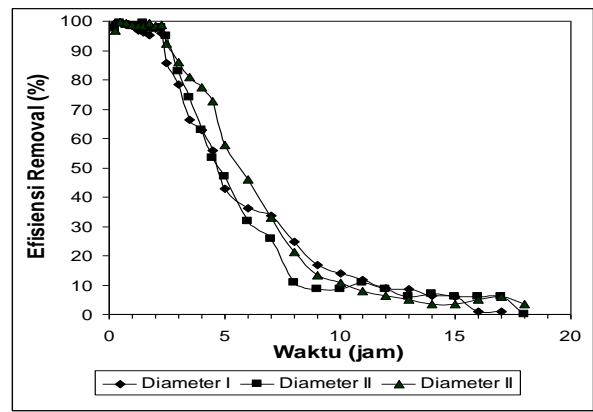
Dari gambar diatas terlihat penambahan efisiensi removal bila konsentrasi larutan bertambah kecil. Ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi larutan akan menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi. Penambahan ini tidak tampak jelas pada So Klin, tetapi cukup jelas pada Rinso dan Daia.

Perubahan ukuran media ternyata menghasilkan waktu operasi mencapai jenuh yang berbeda pada konsentrasi 0,5 mg/l sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 tersebut dapat diketahui waktu yang diperlukan kolom untuk mencapai kondisi jenuhnya untuk setiap variasi ukuran media pada konsentrasi yang digunakan.

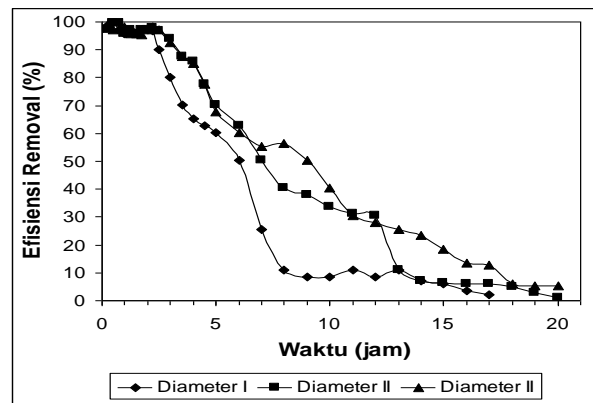
Tabel 1. Pengaruh Ukuran Media Terhadap Waktu Pengoperasian Kolom Mencapai Jenuh ( $C_e/C_0 > 0,95$ )

Diameter Media	Waktu Pengoperasian (jam)		
	So Klin	Rinso	Daia
I	16	15	14
II	17	18	16
III	>18	>20	18

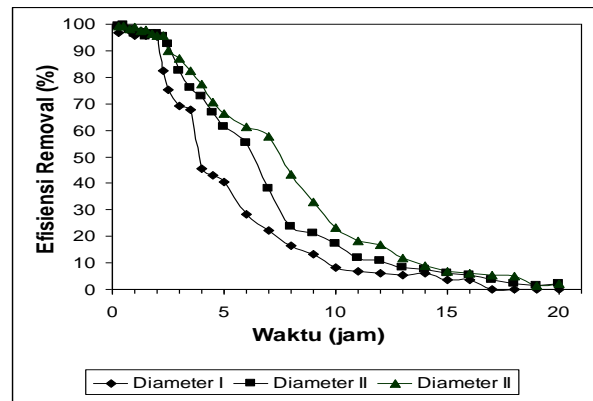
Dari hasil pengoperasian kolom untuk variasi ukuran media diperoleh Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 7. Pengaruh Ukuran Media Pada Detergen So Klin



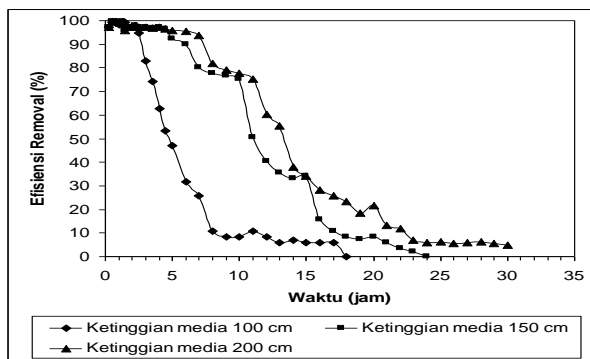
Gambar 8. Pengaruh Ukuran Media Pada Detergen Rinso



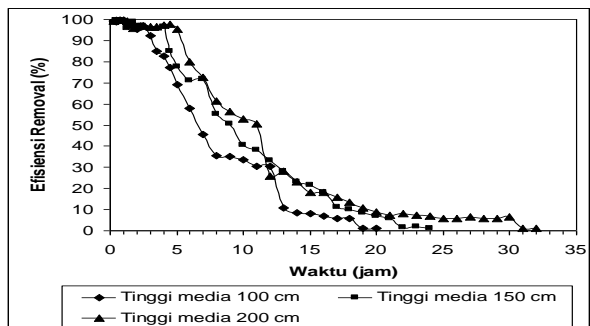
Gambar 9. Pengaruh Ukuran Media Pada Detergen Daia

Dari gambar-gambar tersebut, nampak bahwa terjadi penambahan efisiensi removal bila ukuran media bertambah kecil. Ini menunjukkan jumlah luas permukaan media adsorban bertambah sebanding dengan penurunan ukuran media, sehingga terjadi peningkatan kemampuan adsorpsi. Penambahan efisiensi removal ini tidak tampak jelas pada So Klin, tetapi cukup jelas pada Rinso dan Daia.

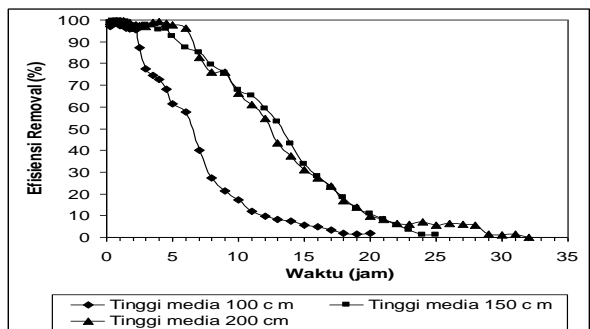
Dari analisa diatas dapat dirangkum bahwa ukuran media pengaruhnya tidak terlalu besar pada efisiensi removal tetapi pengaruhnya cukup besar pada waktu operasi, terutama pada konsentrasi rendah. Sehingga untuk disain kolom yang perlu diperhatikan dari ukuran media adalah pengaruh waktu operasi kolom. Penambahan tinggi media pada So Klin dan Daia, menyebabkan terjadinya perubahan waktu operasi kolom yang cukup besar, karena penambahan waktu operasi ternyata tidak berkelipatan seperti penambahan tinggi media. Hasil pengoperasian kolom kontinyu untuk variasi tinggi media diperoleh Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.



Gambar 10. Pengaruh Tinggi Media Untuk Detergen So Klin



Gambar 11. Pengaruh Tinggi Media Untuk Detergen Rinso



Gambar 12. Pengaruh Tinggi Media Untuk Detergen Daia

Pada umumnya efisiensi removal yang lebih rendah didapatkan pada ketinggian yang lebih rendah kemudian meningkat pada ketinggian media yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena larutan yang dilewatkan pada *fixed-bed* kolom akan lebih dahulu mengalami proses adsorpsi pada lapisan teratas. Pada lapisan tersebut terjadi kontak dengan konsentrasi larutan yang tertinggi, sedangkan konsentrasi yang lebih rendah akan teradsorpsi pada lapisan berikutnya. Lama kelamaan lapisan atas akan jenuh sehingga proses adsorpsi berikutnya bergeser ke lapisan di bawahnya. Sehingga semakin rendah ketinggian media dalam kolom zona adsorpsinya juga semakin rendah dan efisiensinya removalnya semakin rendah.

Pengaruh tinggi media dalam kolom dapat pula ditinjau dari waktu operasi kolom adsorpsi. Tabel 2 menunjukkan pengaruh ketinggian media terhadap waktu operasi kolom adsorpsi yang digunakan.

Tabel 2. Pengaruh Ketinggian Media Terhadap Waktu Pengoperasian Kolom Untuk Efisiensi Removal Diatas 95%

Ketinggian Media (cm)	Waktu Pengoperasian (jam)		
	So Klin	Rinso	Daia
100	2,25	2,5	2,25
150	4,5	3,5	4,5
200	6	5	6

Dari tabel di atas telah dapat diketahui semakin tinggi media semakin lama waktu pengoperasian kolom adsorpsi yang dapat dilakukan. Hal ini cukup wajar, karena semakin tinggi media semakin banyak massa adsorbannya, sehingga semakin besar juga kapasitas adsorpsinya dan akan semakin lama pengoperasiannya.

Dari data hasil kolom kontinyu dapat dilakukan perhitungan konstanta kinetika dan kapasitas media batubara dengan pendekatan kinetik, yang hasilnya diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Konstanta Kinetika (K1) dan Kapasitas Media (qo) Batubara

Detergen	K1 liter/mg.jam	qo mg/mg
So Klin	0,002412	0,00493
Rinso	0,002763	0,00442
Daia	0,002880	0,00434

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin berkurang waktu pengoperasian untuk removal

surfaktan. Sedangkan perubahan ukuran media menghasilkan waktu operasi sampai mencapai jenuh yang berbeda. Selain itu, penambahan tinggi media akan meningkatkan efisiensi removal. Telah dihasilkan konstanta kinetika dan kapasitas media So Klin, Rinso, dan Daia.

#### 4.2. Saran

Karena penelitian ini dilakukan pada rate 200 ml/menit dan diameter kolom 4 in (10 cm), maka agar dapat diaplikasikan untuk PDAM perlu dicoba untuk rate dan diameter yang lebih besar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Dirjen Dikti yang telah memberikan bantuan dana penelitian ini yang merupakan bagian dari penelitian Hibah Bersaing VIII/1 tahun anggaran 1999/2000.

#### DAFTAR PUSTAKA

Asih, R. dan Razif, M. (1995). **Pengolahan Lindi Sampah di LPA Pantai Ria Kenjeran Dengan Reaktor Laboratorium Aliran Vertikal Dalam Rangka Pengelolaan Kawasan Pantai**. Laporan Penelitian. Puslit KLH. Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.

Cipta, W. (1998). **Penurunan Kadar Surfaktan dalam Air dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Sisa Pembakaran Batu-bara (*Furnace Bottom Ash*)**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Razif, M. (1992). **Adsorpsi Limbah Pabrik Kertas dengan Menggunakan Batubara**. Laporan Penelitian Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS. Surabaya.

Razif M., Handogo, R. dan Slamet, A. (1994). **Adsorpsi Air Limbah Pabrik Alkohol Dan Spiritus Dengan Menggunakan Batubara**. Laporan Penelitian. Puslit Industri. Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.

Razif, M., Moesriati, A., Widjaja, T. dan Agustina, S. (1999). **Penelitian Pengolahan Detergen Air Baku IPA Kayun Di Surabaya Secara Batch Dan Kontinyu Dengan Memakai Media Adsorpsi Batubara**. Laporan Penelitian. Puslit KLH, Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.

Rubiyatadji, R. (1993). **Penurunan Kadar Deterjen (*Alkyl Benzene Sulphonate*) Dalam Air Dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif**. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS. Surabaya.