

# **PENGARUH UKURAN MEDIA ADSORBEN DAN KONSENTRASI AKTIVATOR NaOH TERHADAP EFEKTIVITAS PENURUNAN LOGAM BERAT BESI (Fe), SENG (Zn) DAN WARNA LIMBAH CAIR INDUSTRI GALVANIS MENGGUNAKAN ARANG SEKAM PADI**

**Chandra Lestari Asih\*, Sudarno\*, Mochtar Hadiwidodo\***

---

## **ABSTRACT**

*Adsorption using activated charcoal is one way of processing wastewater containing heavy metals such as wastewater from galvanized industrial. The dominant substance contains in the wastewater of galvanized is (iron) Fe, (Zinc) Zn, and color. Utilization of rice husk as an adsorbent is expected to produce cheap and affordable activated charcoal, so it can reduce the cost of operational in the wastewater treatment industry. The purpose of this research is to know the capability of active carbon from rice husk in reducing iron, zinc, and color content with batch and column operation. The batch operation using NaOH concentrations was variated with 0,5 M NaOH and 1 M NaOH solution and the use of media size was variated with 20 – 35 mesh and 35 – 60 mesh. The batch operation has 97,67% from the highest Fe efficiency lowering, 28,74% from Zn parameters, and 97,96% from the highest color efficiency lowering on the 1 M NaOH solution with 20 – 35 mesh. Otherwise, column operation need 1 inchi column diameter with 25 mL/minute and 50 mL/minute debit variation. Continue trial had 99.827% - 99.95% from the highest Fe efficiency lowering on the 25 mL/minute, for Zn parameters efficiency of 99.98% - 99.99%, while for the color parameters removal efficiency of 96.64%. Constant value speed ( $k_1$ ) 0.031 mL/mg.s (Fe), 0.044 mL/mg.s (Zn), and 0.001 mL/mg.s (color) with a capacity of adsorption ( $q_0$ ) of 0.616 mg/g (Fe), 0.418 mg/g (Zn) and 16.88 mg/g (color).*

**Keywords:** wastewater of galvanized industry, Iron, Zinc, Color, adsorption, rice husk

---

## **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan industri di Indonesia saat ini cukup pesat. Salah satunya adalah industri galvanis yang berkembang dalam bidang pelapisan logam. Seiring dengan berkembangnya industri tersebut, maka semakin banyak pula hasil sampingan yang diproduksi sebagai limbah. Industri galvanis sendiri menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung logam berat. Limbah ini akan menyebabkan pencemaran yang serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat didalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi didalam tubuh. Mengingat banyaknya dampak dampak negatif yang ditimbulkan

oleh logam berat terhadap makhluk hidup, maka keberadaan logam berat tersebut dilingkungan harus dikurangi.

Salah satu teknik yang memungkinkan untuk menyisihkan kandungan logam berat adalah adsorpsi. adsorpsi adalah peristiwa penjerapan dipermukaan oleh suatu adsorben atau daya jerap dari zat penjerap yang terjadi pada permukaan. Keuntungan dari proses adsorpsi adalah kesederhanaan teknologi yang terlibat dan biaya operasional yang rendah. Dalam proses adsorpsi, adsorben berperan penting dalam prosesnya. Adsorben yang harus dipilih adalah adsorben yang memiliki luas permukaan dan volume pori yang besar.

Dalam penelitian ini, adsorben yang digunakan adalah adsorben atau karbon

---

\*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

aktif yang terbuat dari sekam padi. Hal ini dikarenakan sekam padi memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, kadar karbon yang tinggi serta kadar abu dan hydrogen yang rendah. Selain itu, sekam padi juga tersedia dalam jumlah yang banyak, mudah didapat dan harganya yang terjangkau. Pembuatan karbon aktif dari sekam padi belum banyak dilakukan padahal potensi bahan baku sekam padi sebagai karbon aktif sangat besar terlebih potensi pasar yang menjanjikan.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi jenis ukuran media dan aktivator terhadap penurunan logam berat Fe, Zn dan Warna pada proses batch serta menganalisis pengaruh variasi debit pada percobaan kontinyu dan mengetahui nilai konstanta kecepatan adsorpsi dan kapasitas jerap sekam padi sebagai media adsorpsi terhadap penurunan Fe, Zn dan warna.

Dalam pembuatan adsorben abu sekam padi dilakukan proses pembakaran menggunakan alat pirolisis dengan oksigen terbatas. Proses ini disebut dengan karbonisasi. Tujuan dari proses karbonisasi sekam padi adalah untuk mengurangi kadar zat terbang penyebab asap dan meningkatkan nilai kalor pembakaran. Proses karbonisasi menghasilkan material berupa arang. Arang merupakan sisa proses karbonisasi bahan yang mengandung karbon pada kondisi terkendali di dalam ruangan tertutup.

Abu yang dihasilkan dari hasil pembakaran sekam padi adalah sebesar ~20% dan lebih dari 90%-nya merupakan silika. Temperatur yang dikontrol dengan baik dan lingkungan yang sesuai saat pembakaran dapat menghasilkan kualitas abu sekam padi yang lebih baik karena ukuran partikel dan luas spesifik permukaannya dipengaruhi oleh kondisi pembakaran. Untuk mendapatkan silika yang reaktif temperatur pembakaran harus terkontrol (Chandra, A et al.,2012).

Adsorpsi merupakan peristiwa penjerapan dipermukaan oleh suatu adsorben atau daya jerap dari zat penjerap yang terjadi pada permukaan. Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik

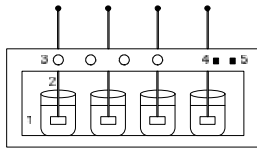
menarik molekul – molekul pada permukaan adsorben. Adsorpsi juga dijelaskan dari tegangan permukaan zat padat. Molekul – molekul yang ada dalam suatu zat padat mempunyai gaya – gaya yang sama dari segala arah sedangkan molekul – molekul pada permukaan zat padat mendapat gaya – gaya yang tidak sama sehingga untuk mengimbangi gaya – gaya bagian dalam tersebut maka molekul – molekul lain tertarik ke permukaan. Gaya ini relatif lemah dan disebut gaya *Van der Waals*.

Bila partikel karbon aktif dimasukkan dalam larutan yang mengandung solut organik dan diaduk sempurna, maka akan terjadi adsorpsi solut. Konsentrasi solut akan berkurang dari konsentrasi mula – mula ( $C_0$ ) menjadi konsentrasi kesetimbangan ( $C_e$ ). Hal ini terjadi bila waktu kontak relatif cukup untuk mencapai kesetimbangan (Budiyo, 2013:78). Sedangkan untuk percobaan menggunakan kolom yang akan terjadi adalah Bila larutan yang mengandung solut dengan konsentrasi mula – mula  $C_0$ , dilewatkan unggun karbon aktif setinggi Z, maka mula – mula akan terjadi adsorpsi pada bagian atas unggun. Dengan demikian pada bagian atas mulai terjadi penjerapan karbon oleh solut, sedangkan bagian bawah masih siap menyerap solut. Tinggi unggun yang masih bisa menyerap solut disebut sebagai zona sorpsi ( $Z_s$ , *sorption zone*). Pada zone ini, terjadi perpindahan solut dari fase cair ke fase padat (adsorben), sehingga zona ini sering disebut juga sebagai zona perpindahan (*transfer zone*). Di atas zona ini, solut terlarut fase cair berada dalam keadaan setimbang dengan solut teradsorpsi fase padat. Di atas zona sorpsi, konsentrasi solut teradsorpsi kesetimbangan fase padat besarnya sama dengan harga  $x/m$  dari uji batch, yaitu ketika  $C_e = C_0$  (Budiyo, 2013:82)

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu percobaan batch dan percobaan kontinyu.

### Rangkaian Peralatan Percobaan Batch



Gambar 1 Reaktor Batch

### Variasi Percobaan Batch

1. Ukuran adsorben yang digunakan adalah ukuran adsorben 20 – 35 mesh dan 35 – 60 mesh.
2. Konsentrasi aktivator NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 0,5 M dan larutan NaOH 1 M. Konsentrasi ini diambil berdasarkan penelitian Kristiyani (2012) yang melakukan penelitian dengan konsentrasi NaOH 1 M. Variasi konsentrasi aktivator ini diambil untuk memvariasikan kapasitas adsorpsi logam berat arang sekam padi. Hal ini berkaitan dengan luas permukaan spesifik arang sekam padi setelah aktivasi, yang disebabkan oleh terlarutnya sebagian abu dari arang. Luas permukaan spesifik suatu adsorben merupakan parameter yang umum digunakan dalam identifikasi suatu adsorben (Yuliati dan Susanto, 2011).
3. Variasi Kontrol
  - a. Konsentrasi logam berat
  - b. Lama pengadukan yang ditetapkan adalah 60 menit selang waktu 30 menit pengambilan selama 2 jam (120 menit)
  - c. Kecepatan pengadukan 150 rpm.
  - d. Berat media adsorben yang ditetapkan adalah 3 gram

### Karbonisasi

Sekam padi yang akan digunakan dibersihkan dari kotoran – kotoran yang melekat dengan cara dicuci dengan air dan dibilas menggunakan aquades. Kemudian sekam padi dikeringkan dibawah sinar matahari. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 400°C selama 2 jam (Siahaan, 2013)

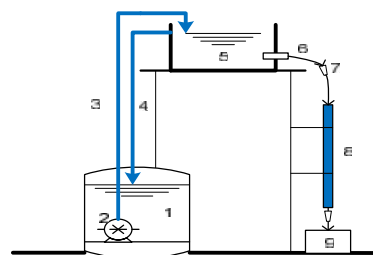
### Aktivasi

Pembuatan larutan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0,5 M NaOH dan 1 M NaOH. Proses aktivasi dilakukan secara kimia yaitu dengan merendam arang sekam padi kedalam larutan 0,5 M NaOH dan 1 M NaOH selama 24 jam. Kemudian dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Proses selanjutnya adalah didehidrasi/pengeringan dengan suhu 105°C selama 3 jam.

### Pelaksanaan Percobaan Batch

Percobaan batch dilakukan dengan cara arang sekam padi dengan ukuran media tertentu ditimbang dan dimasukkan ke dalam masing – masing gelas beaker yang telah berisi air limbah galvanis 250 mL. Kemudian dilakukan pengadukan selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian sampel diambil dengan volume 25 mL dalam selang waktu 30 menit sekali selama 2 jam. Sampel yang telah diambil disaring menggunakan kertas saring dan siap untuk diuji menggunakan AAS

### Rangkaian Peralatan Percobaan Kontinyu



Gambar 2 Reaktor Kontinyu

### Variasi Percobaan Kontinyu

1. Variasi Bebas

Debit larutan yang digunakan adalah debit 25 mL/menit dan 50 mL/menit
2. Variasi Kontrol
  - a. Konsentrasi logam berat
  - b. Ketinggian kolom dipilih adalah 135 cm dengan ketinggian kolom terisi adsorben 65 cm

- c. Ukuran partikel adsorben yang digunakan yang efisiensinya paling besar dalam penyerapan logam berat dalam percobaan batch.

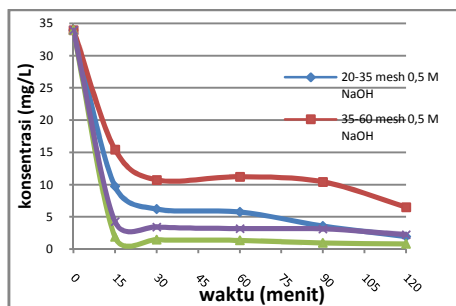
### Pelaksanaan Percobaan Kontinyu

Percobaan kontinyu dilakukan dengan cara mengalirkan limbah secara gravitasi kebawah dengan variasi debit 25 mL/menit dan 50 mL/menit. Sampel diambil dengan variasi waktu yang ditetapkan selama 3 jam. Setelah sampel diambil dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring dan kemudian diuji menggunakan AAS.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Percobaan Batch

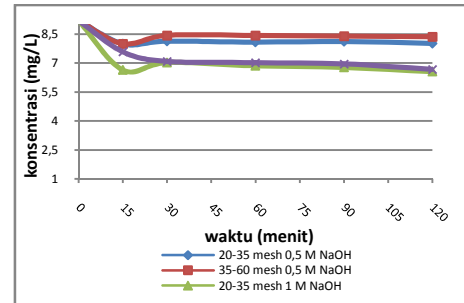
Dari hasil pengujian percobaan batch didapat grafik penurunan konsentrasi seperti dibawah ini :



Gambar 3 grafik penurunan konsentrasi Fe terhadap waktu kontak

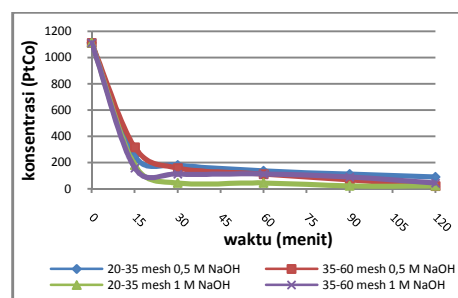
Dari grafik diatas menunjukkan penurunan konsentrasi Fe terhadap fungsi waktu. Semakin bertambah waktu kontak, maka konsentrasi Fe akan berkurang. Pada menit – menit pertama, gaya tarik menarik antara ion – ion dalam limbah dengan permukaan arang aktif sekam padi yang terjadi sangat kuat dan lapisan pengikat yang terjadi masih merupakan lapisan pertama. Efisiensi penyisihan terbaik terjadi pada aktivator NaOH 1 M dengan ukuran adsorben 20 – 35 mesh yaitu sebesar 97,667 %. Proses aktivasi arang karbon menggunakan NaOH dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori sehingga meningkatkan luas permukaan arang dan semakin besar konsentrasi aktivator NaOH

maka semakin bagus efisiensi penyisihannya.



Gambar 4 grafik penurunan konsentrasi Zn terhadap waktu kontak

Berdasarkan gambar grafik diatas penurunan Zn tertinggi pada ukuran 20-35 mesh dengan aktivasi 1 M NaOH dan efiseinsinya sebesar 28,735%. Pada menit ke-15 terjadi penyerapan Zn secara maksimal disebabkan oleh kondisi arang dalam keadaan segar dan masih memiliki banyak sisi aktif. Penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel sekam padi yang tersedia sehingga permukaan sekam padi akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.



Gambar 5 grafik penurunan konsentrasi Warna terhadap waktu kontak

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan warna terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. lama waktu kontak mempengaruhi adsorpsi materi organik oleh biomassa. Semakin lama waktu kontak, maka kemampuan biomassa dalam mengadsorb zat organik semakin besar. Karena semakin lama waktu kontak, biomassa menjadi lebih reaktif. Nilai penyerapan warna tertinggi terjadi

pada arang sekam padi yang teraktivasi oleh NaOH 1 M sebesar 97,959% dengan ukuran partikel 20-35 mesh.

Pada pengoperasian secara batch, adsorben karbon aktif dikontakkan dengan cairan limbah dalam periode waktu tertentu. Sehingga karbon mampu mengadsorpsi zat – zat terlarut tersebut kedalam celah – celah pada permukaannya. Apabila suatu larutan terkontak dengan butiran karbon aktif yang berpori, maka molekul – molekul zat terlarut tertarik pada permukaan pori dan tertahan ditempat tersebut melalui gaya – gaya yang lemah. Dengan adanya pori – pori mikro yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif sekam padi dengan aktivasi NaOH, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap.

#### Penentuan Isoterm Percobaan Batch

Penentuan isoterm untuk percobaan batch dilakukan percobaan dengan variasi massa yaitu 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram; 2 gram; 2,5 gram dan 3 gram dari hasil penurunan terbaik yaitu adsorben dengan ukuran 20 -35 mesh dengan konsentrasi aktivator 1 M NaOH. Proses dilakukan secara batch. Dari model isoterm Freundlich, Langmuir dan BET akan dihasilkan nilai kapasitas dan konstanta adsorpsi.

Tabel 1 Persamaan Freundlich

Parameter			Isoterm Freundlich
			$q = k.C_e^{1/n}$
<b>Fe</b>	persamaan	9,689x - 13,33	K = 4,8 x 10 <sup>-14</sup>
	slope	9,689	n = 0,103
	intercept	-13,33	q = 4,8 x 10 <sup>-14</sup>
	R <sup>2</sup>	0,964	. (Ce) <sup>1/0,103</sup>
<b>Zn</b>	persamaan	18,47x - 21,75	K = 1,8 x 10 <sup>-22</sup>
	slope	18,47	n = 0,054
	intercept	-21,75	q = 1,8 x 10 <sup>-22</sup>
	R <sup>2</sup>	0,972	. (Ce) <sup>1/0,054</sup>
<b>warna</b>	persamaan	1,322x - 4,325	K = 4,7 x 10 <sup>-5</sup>
	slope	1,322	n = 0,756
	intercept	-4,325	q = 4,7 x 10 <sup>-5</sup>
	R <sup>2</sup>	0,581	(Ce) <sup>1/0,756</sup>

Tabel 2 Persamaan Langmuir

Parameter			Isoterm Langmuir
			$q = \frac{K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e}$
<b>Fe</b>	persamaan	33620x - 2210	K = 15,235
	slope	33620	n (Xm) = 2,97 x 10 <sup>-5</sup>
	intercept	-2210	$\frac{x \cdot 1C}{q = (x \cdot 10^{-5})(15,235)}$
	R <sup>2</sup>	0,950	$\frac{(2,97 \cdot 1 + (15,235 \cdot C_e))}{(11,535)}$
<b>Zn</b>	persamaan	94999x - 8256	K = 11,535
	slope	94999	n (Xm) = 1,05 x 10 <sup>-5</sup>
	intercept	-8256	$\frac{x \cdot 1C}{q = (x \cdot 10^{-5})(11,535)}$
	R <sup>2</sup>	0,968	$\frac{(1,05 \cdot 1 + (11,535 \cdot C_e))}{(6,768,466)}$
<b>warna</b>	persamaan	4619,x - 0,684	K = 6768,46
	slope	4619	n (Xm) = 2,16 x 10 <sup>-4</sup>
	intercept	-0,684	$\frac{x \cdot 1C}{q = (x \cdot 10^{-4})(6768,46)}$
	R <sup>2</sup>	0,635	$\frac{(2,16 \cdot 1 + (6768,46 \cdot C_e))}{(11,535)}$

Tabel 3 Persamaan BET

Parameter			Isoterm BET
			$q = \frac{k \cdot C_e \cdot q_m}{(C_e - C_e) \{1 + (k-1) \frac{C_e}{C_e}\}}$
<b>Fe</b>	persamaan	-3273,x + 1435	K = 3,26
	slope	-3273	n (q <sub>m</sub> ) = 2,14 x 10 <sup>-4</sup>
	intercept	1435	q = $\frac{3,26 \cdot C_e \cdot 2,14 \times 10^{-4}}{(C_e - C_e) \{1 + (3,26-1) \frac{C_e}{C_e}\}}$
	R <sup>2</sup>	0,939	
<b>Zn</b>	persamaan	-	K = 2,93
	slope	14829x + 7603	n (q <sub>m</sub> ) = 4,49 x 10 <sup>-5</sup>
	intercept	7603	q = $\frac{2,93 \cdot C_e \cdot 4,49 \times 10^{-5}}{(C_e - C_e) \{1 + (2,93-1) \frac{C_e}{C_e}\}}$
	R <sup>2</sup>	0,965	
<b>warna</b>	persamaan	16,74x + 15,66	K = 2,004
	slope	16,74	n (q <sub>m</sub> ) = 0,03
	intercept	15,66	q = $\frac{2,004 \cdot C_e \cdot 0,03 \times 10^{-5}}{(C_e - C_e) \{1 + (0,03-1) \frac{C_e}{C_e}\}}$
	R <sup>2</sup>	0,064	

Berdasarkan hasil tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 hasil menyatakan bahwa nilai korelasi ( $R^2$ ) pada konsentrasi Fe, persamaan Freundlich lebih besar dari pada persamaan langmuir dan BET. Untuk konsentrasi Zn, persamaan freundlich juga lebih besar daripada persamaan langmuir dan BET. Sedangkan untuk parameter warna persamaan langmuir lebih besar daripada persamaan freundlich dan BET. Oleh sebab persamaan freudlich lebih sesuai sebagai persamaan dasar percobaan pada parameter Fe dan Zn. Sedangkan dasar persamaan langmuir lebih sesuai untuk parameter warna.

Model isotherm Fe sesuai dengan q model freundlich adalah sebagai berikut :

$$q = 4,8 \times 10^{-14} \cdot (C_e)^{1/0,103}$$

Model isotherm Zn sesuai dengan model isotherm adsorpsi freundlich adalah sebagai berikut

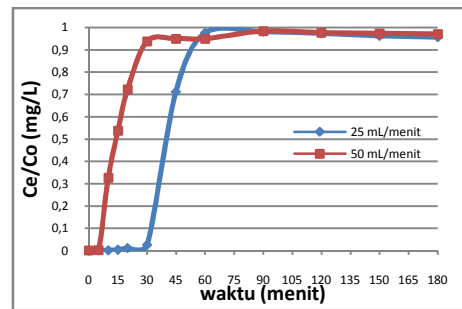
$$q = 1,8 \times 10^{-22} \cdot (C_e)^{1/0,054}$$

Sedangkan untuk parameter warna, model isotherm warna sesuai dengan model isotherm adsorpsi langmuir adalah sebagai berikut

$$q = \frac{(2,16 \times 10^{-4})(5768,46)C_e}{(1+(6768,46 C_e))}$$

### Percobaan Kontinyu

Dari hasil percobaan kontinyu didapatkan grafik breakthrough degan variasi debit. Untuk  $t_0$  merupakan waktu setelah dilakukan pengisian terhadap kolom kontinyu. Dimana pada debit 25 mL/menit dibutuhkan waktu 13,16 menit dan debit 50 mL/menit dibutuhkan waktu 6,58 menit untuk mencapai kolom terisi penuh oleh limbah cair.



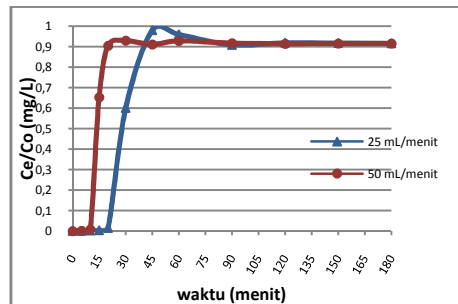
Gambar 6 grafik terobosan Fe pada kolom kontinyu

Pada grafik diatas menjelaskan bahwa variasi debit limbah memiliki kesamaan dalam menurunkan konsentrasi Fe yang sama. Pada debit 25 mL/menit menunjukkan titik jenuh yang lebih lama daripada debit 50 mL/menit. Untuk debit 50 mL/menit terlihat bahwa grafik lebih curam dari pada debit yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena adanya zone perpindahan massa yang pendek. Hasil tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh Hadiwidodo, 2008 bahwa semakin pendek zona perpindahan massa maka akan semakin cepat mencapai titik tembus dan titik jenuh.

Penyisihan terbesar konsentrasi Fe pada air limbah galvanis terjadi pada debit 25 mL/menit pada menit ke 0 yaitu sebesar 99,9498 %. Sedangkan untuk debit 50 mL/menit penyisihan terbesar juga pada menit ke 0 yaitu sebesar 99,8237%. Dengan peristiwa ini, menunjukkan bahwa pada awal proses kontinyu arang aktif sekam padi masih dalam kondisi segar sehingga proses adsorpsi atau penyerapan konsentrasi Fe berjalan dengan baik. Namun, pada menit – menit berikutnya terjadi penurunan dalam menyerap konsentrasi Fe pada air limbah. Kondisi arang aktif sekam padi yang jenuh dapat dilihat ketika konsentrasi effluent semakin meningkat dan mendekati konsentrasi awal, sehingga proses adsorpsi terhadap ion Fe tidak berjalan dengan baik.

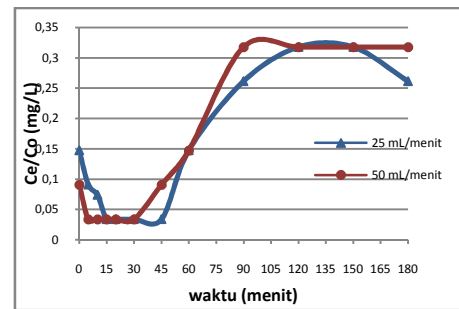
Menurut Mc Cabe (1990) waktu yang terjadi untuk sampai pada titik tembus biasanya tercapai pada saat  $C_e/C_0 = 0,05$  sedangkan waktu untuk sampai pada titikjenuh pada saat  $C_e/C_0 = 0,95$ , berdasarkan gambar 6 pada debit 25 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang

waktu 30 menit dan titik jenuh terjadi pada rentang waktu 60 menit. Sedangkan pada debit 50 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 5 menit dan titik jenuh terjadi pada waktu setelah 60 menit.



Gambar 7 grafik terobosan Zn pada kolom kontinyu

Pada grafik diatas menjelaskan efisiensi penuruana Zn paling bagus pada debit 25 mL/menit adalah pada menit ke 0 yaitu sebesar 99,9967 % dan untuk debit 50 mL/menit efisiensinya sebesar 99,9848%. Gambar kurva terlihat sangat curam pada menit ke – 30 atau dimana terjadinya waktu jenuh. Hal ini dikarenakan adsorben telah menyerap Zn dan pori – pori pada adsorben telah penuh. Berdasarkan hasil percobaan Alwathan, 2013 bahwa semakin lama waktu kontakny maka akan terjadi peristiwa desorpsi, yaitu proses terlepasnya zat/bahan yang telah dijerap oleh adsorben sehingga adsorben yang pori – porinya tadi sudah penuh oleh zat yang diserap menjadi terbuka kembali dan menyebabkan Zn selanjutnya yang akan melewati adsorben ini akan terjerap kembali, walaupun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan Zn yang lolos dari adsorben. pada debit 25 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 15 menit dan titik jenuh terjadi pada rentang waktu 60 menit. Sedangkan pada debit 50 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 10 menit dan titik jenuh terjadi setelah pada waktu 180 menit.



Gambar 8 grafik terobosan warna pada kolom kontinyu

Pada grafik diatas menjelaskan Efisiensi penurunan warna yang tinggi terjadi pada awal percobaan, hal ini terlihat pada efisiensi tertinggi pada menit ke 10 dengan nilai efisiensi mencapai 96,6400 %. Tetapi pada menit ke 5 efisiensi penurunan belum optimal. Hal ini dikarenakan adanya daerah deadzone atau daerah arang aktif sekam padi yang belum terlewati air limbah sehingga adsorben belum menyerap zat warna pada limbah secara optimal. Hubungan konsentrasi warna keluar dari kolom kontinyu pada variasi debit merupakan hubungan yang linier. Hal ini dijelaskan dalam Setyadji, 2011 bahwa semakin cepat aliran, maka resin akan mengalami massa jenuh yang semakin cepat sehingga kesetimbangan makin cepat tercapai. pada debit 25 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 15 menit dan titik jenuh terjadi pada rentang waktu setelah 180 menit. Sedangkan pada debit 50 mL/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 5 menit dan titik jenuh terjadi setelah waktu 180 menit.

#### Penentuan Model Percobaan Kontinyu

Tabel 4 nilai konstanta adsorpsi ( $k_1$ ) dan kapasitas adsorpsi ( $q_0$ )

Parameter	Debit (mL/menit)	Konstanta Kecepatan Adsorpsi ( $k_1$ ) (mL/mg.detik)	Kapasitas Adsorpsi ( $q_0$ ) (mg/g)
Fe	25	0,0307	0,6157
	50	0,0193	0,5655
Zn	25	0,0441	0,4176
	50	0,0292	0,6077
Warna	25	0,00063	16,8801
	50	0,00082	28,5971



Pada tabel diatas 5 menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi terbesar pada debit 50 mL/menit. Namun untuk debit 50 mL/menit memiliki nilai konstanta kecepatan adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan debit 25 mL/menit. dan nilai konstanta kecepatan adsorpsi terbesar pada debit 25 mL/menit atau pada parameter Zn. Nilai kapasitas adsorpsi yang lebih besar mengakibatkan media adsorben cepat mengalami jenuh, sehingga titik jenuh lebih cepat tercapai pada debit yang lebih besar yaitu 50 mL/menit

$$q = \frac{(2,16 \times 10^{-4})(6768,46)Ce}{(1+(6768,46 Ce))}$$

- Percobaan Kontinyu  
Nilai  $k_1$  dan  $q_0$  yang dihasilkan pada kolom kontinyu adalah sebagai berikut

Parameter	Debit (mL/menit)	Konstanta Kecepatan Adsorpsi ( $k_1$ ) (mL/mg.detik)	Kapasitas Adsorpsi ( $q_0$ ) (mg/g)
Fe	25	0,0307	0,6157
	50	0,0193	0,5655
Zn	25	0,0441	0,4176
	50	0,0292	0,6077
Warna	25	0,00063	16,8801
	50	0,00082	28,5971

#### IV. KESIMPULAN

1. Efisiensi penyisihan Fe, Zn, dan Warna pada percobaan batch diperoleh pada arang sekam padi dengan ukuran 20-35 mesh dengan konsentrasi aktivator 1 M NaOH. Untuk parameter Fe efisiensi penyisihannya sebesar 97,67%, efisiensi penyisihan Zn sebesar 28,74% dan untuk efisiensi penyisihan warna sebesar 97,96%.
2. Pada percobaan kontinyu diperoleh debit 25 mL/menit dengan efisiensi penyisihan untuk parameter Fe adalah sebesar 99,827% - 99,95%, untuk parameter Zn efisiensinya sebesar 99,98% - 99,99%, sedangkan untuk parameter warna efisiensi penyisihan sebesar 96,64%.
3. Nilai konstanta kecepatan adsorpsi dan kapasitas jerap adsorben
  - Percobaan batch
    - Model isoterm Fe sesuai dengan  $q$  model freundlich adalah sebagai berikut :  

$$q = 4,8 \times 10^{-14} \cdot (Ce)^{1/0,103}$$
    - Model isoterm Zn sesuai dengan model isoterm adsorpsi freundlich adalah sebagai berikut  

$$q = 1,8 \times 10^{-22} \cdot (Ce)^{1/0,054}$$
    - Sedangkan untuk parameter warna, model isoterm warna sesuai dengan model isoterm adsorpsi langmuir adalah sebagai berikut

#### SARAN

1. Perlu adanya berbagai variabel yang digunakan dalam penelitian berikutnya, sehingga dapat dihasilkan model adsorpsi yang lebih akurat.
2. Perlu digunakan rentang uji yang cukup besar pada setiap variabel yang digunakan dalam penelitian selanjutnya, sehingga perbedaan hasil antara masing – masing varabel dapat terlihat lebih jelas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alwathan. 2013. *Pengurangan Kadar  $H_2S$  dari Biogas Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Metode Adsorpsi*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik negeri Samarinda.
- Budiyono, Sumardiono S. 2013. *Teknik Pengolahan Air*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Chandra, Andy., dkk. 2012. *Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Katolik Prahayangan.



- Hadiwidodo, Mochtar. 2008. *Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu*, Teknik – Vol. 29 No. 1 Tahun 2008, ISSN 0852-1697, Staf Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kristiyani, Dyah. 2012. *Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi Untuk Menurunkan Kadar Ion  $Pb^{2+}$  Pada Air Sumur*. Indo. J. Chem. Sci. 1 (1) (2012). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- McCabe, Warren L. 1993. *Unit Operations Of Chemical Engineering Fifth Edition*. McGraw-Hill Company : Singapore
- Setyadji, Moch. 2011. *Model Matematika Penentuan Koefisien Perpindahan Massa dan Difusivitas Aksial Zirkonium Pada Proses Adsorpsi Secara Fixed Bed Kromatografi*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Yogyakarta.
- Siahaan, Satriyani., Melvha Hutapea, & Rosdanell Hasibuan. 2013. *Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 1 (2013). Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Yuliati, Prita., dan Herri Susanto. 2010. *Kajian Pemanfaatan Arang Sekam Padi Aktif Sebagai Pengolah Air Limbah Gasifikasi*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Industri. Institut Teknologi Bandung.