

**PENGARUH UKURAN MEDIA ADSORBEN DAN KONSENTRASI AKTIVATOR  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> TERHADAP EFEKTIFITAS PENURUNAN LOGAM BERAT BESI (Fe),  
SENG (Zn), DAN WARNA LIMBAH CAIR INDUSTRI GALVANIS  
MENGUNAKAN ARANG SABUT KELAPA  
(Studi Kasus PT. Cerah Sempurna – Semarang)  
Ariyanto. R., Hadiwidodo.M., Sudarno.**

\*)Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H Tembalang - Semarang, Kode Pos 50275 Telp. (024) 76480678, Fax (024) 76918157  
Website : <http://enveng.undip.ac.id> - Email: [enveng@undip.ac.id](mailto:enveng@undip.ac.id)

**ABSTRACT**

*One industry that is growing rapidly and is the producer of heavy metal wastewater is metal coating industry is often called galvanic industry. Based on the test results in the laboratory characteristics of wastewater, industrial wastewater galvanized contains, among others, Manganese (Mn) of 1.66 mg/l, Iron (Fe) of 140.84 mg /l, Nickel (Ni) of 0.177 mg/l , Zinc (Zn) of 66.42 mg /l and the color of 10,000 mg /l PtCo (BPIK, 2014). This research aims to determine the ability of coconut husk charcoal adsorbent in lowering the concentration of Fe, Zn, and color on galvanized industrial waste water by batch and continuous processes. In batch experiments using variations activator 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 1 M and the variation of medium size 25-30 mesh and 35-60 mesh. In batch tests obtained preliminary Fe, Zn, and the best color on charcoal with a size of 25-30 mesh and activator 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with successive removal percentage reached 61.4%, 18.85%, and 98.544%. In the continuous experiments using 1 inch diameter column with activated charcoal and the best of the batch test using debit variation 25 ml/min and 10 ml/min. The results of this experiment is obtained the enraption efficiency in the discharge of 10 ml/minute for the parameters of the iron (Fe) amounted to 97,58%, zinc (Zn) amounted to 95,83%, and the color of 96,64%, while in the discharge of 25 ml/minute for the parameter of the iron (Fe) amounted to 98,15 %, zinc (Zn) of 95,79%, and 96,64% for color.*

**Keywords :** *Heavy metal wastewater, Fe, Zn, Color, coconut husk charcoal*

**PENDAHULUAN**

Salah satu industri yang berkembang pesat dan merupakan penghasil limbah logam berat yaitu industri pelapisan logam dengan seng atau sering disebut industri galvanis. Proses galvanisasi dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi dan industri penting berbahan besi dan baja, misal pada industri peralatan listrik dan air, pemrosesan kimia, bahan baku kertas, otomotif dan transportasi. Proses produksi industri galvanis menghasilkan sisa produk atau limbah. Limbah industri galvanis dapat menimbulkan masalah karena adanya limbah logam Fe, Zn, Ni, Mn. Berdasarkan hasil uji karakteristik air limbah di laboratorium, air limbah industri galvanis memiliki kandungan antara lain Mangan (Mn) sebesar 1,66 mg/l, Besi (Fe) sebesar 140,84 mg/l, Nikel (Ni) sebesar 0,177 mg/l, Seng (Zn) sebesar 66,42

mg/l dan warna 10.000 mg/l PtCo (BPIK, 2014).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang dihasilkan oleh gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing – masing komponen.

Sabut kelapa yang biasanya dibuang begitu saja dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat dalam limbah cair industri pelapisan logam. Sabut kelapa digolongkan sebagai material lingo – cellulosic yang merupakan polimer rantai lurus β – D glukosa. Sabut kelapa dapat digunakan sebagai karbon aktif karena mengandung unsur karbon

(C) dan strukturnya yang keras. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. (Igwe dan Abia, 2005). Proses penyisihan logam berat menggunakan serat sabut kelapa dapat diaplikasikan dengan variasi yang berbeda dan dapat memberikan nilai efisiensi yang berbeda pula pada nilai efisiensi dalam penurunan kadar logam berat

## TUJUAN

1. Menganalisis pengaruh variasi jenis ukuran media dan konsentrasi aktivator terhadap penurunan ion logam berat besi (Fe), seng (Zn), dan warna.
2. Menganalisis pengaruh variasi debit effluent terhadap penurunan besi (Fe), seng (Zn), dan warna

## RUANG LINGKUP KAJIAN

Menganalisis penurunan kandungan logam Fe, Zn dan warna pada limbah cair industri galvanis menggunakan adsorben bahan baku arang sabut kelapa.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Alat dan Bahan

**Alat** : Furnace, timbangan elektrik, oven, pH meter, *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS), hotplate, desikator, Jar Test, erlenmeyer, gelas beker, kertas saring, dan corong.

**Bahan** : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, limbah cair galvanis, aquadest, sabutkelapa, aluminium foil.

### 2. Cara Kerja

Prosedur persiapan arang aktif dari sabut kela Pembuatan bahan baku menjadi arang dengan cara pirolisis dimana sabutkelapa dipanaskan menggunakan furnace dengan suhu 400 °C selama 2 Jam (Rahmadani, 2008),. Setelah itu arang sabut kelapa diaktifkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M dan 1 M selama 24 jam. Setelah 24 jam karbon yang telah direndam, disaring dan dicuci sampai netral dan kemudian dikeringkan.

#### a. Uji Pendahuluan

Pengujian dengan batch dilakukan menggunakan jar test dimana 3 gram adsorbendiuji ke limbah cair galvanis selama 1 jam dengan kecepatan 150 rpm. Diambil sampel sampai waktu 2 jam.

#### b. Uji Batch

Pengujian dengan batch dilakukan menggunakan jar test dengan melakukan variasi berat adsorben, 1, 2, 3, 4, 5 ,6 gram adsorben diujikan ke 250 ml limbah cair galvanis selama 1 jam dengan kecepatan 150 rpm. Diambil sampel pada selang waktu 1 jam.

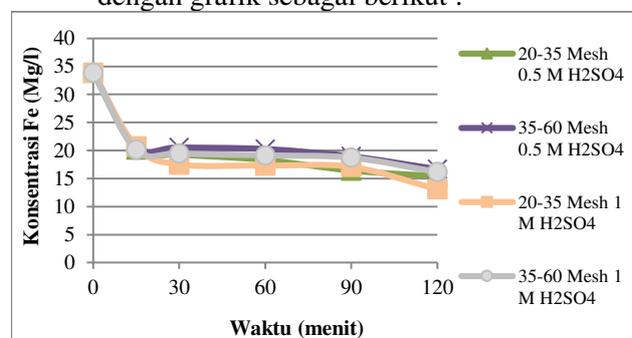
#### c. Percobaan Kontinyu

1. Kolom diisi dengan adsorben setinggi 65 cm
2. Alat dioperasikan dengan mengalirkan sampel limbah secara gravitasi kebawah secara terus menerus dari bak penampung limbah.
3. Sampel diambil dengan volume 25 mL tiap selang waktu yang telah ditentukan sampai adsorben jenuh.
4. Pada setiap pengambilan sampel, larutan sampel terlebih dahulu disaring menggunakan kertas saring yang bertujuan untuk menyisihkan adsorben yang ikut terambil pada saat pengambilan sampel larutan tersebut.
5. Setelah disaring, dilakukan pengukuran konsentrasi larutan sampel dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer* merek Buck Scientific (Uji AAS) dan catat nilai konsentrasi yang telah diukur dan uji warna menggunakan spektrofotometri.
6. Ulangi langkah dengan variasi debit yang berbeda

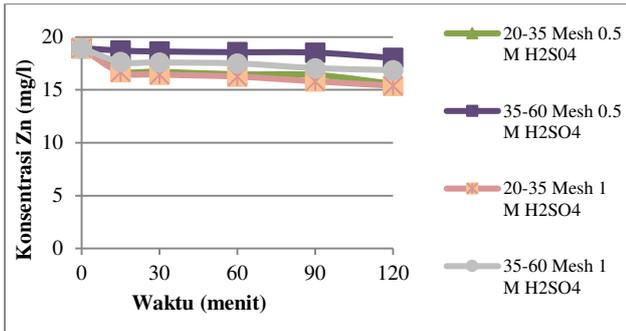
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Uji Pendahuluan

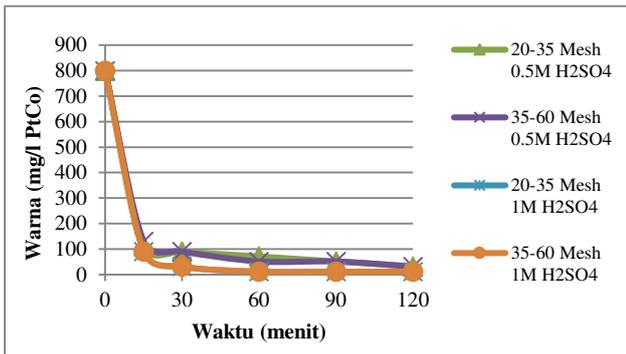
hubungan antara konsentrasi dan efisiensi penyisihan Fe, Zn, dan warna terhadap waktu kontak yang dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut :



**Gambar 1. Grafik Penurunan Konsentrasi Fe Terhadap Waktu Kontak**



**Gambar 2. Grafik Penurunan Konsentrasi Zn Terhadap Waktu Kontak**



**Gambar 3. Grafik Penurunan Konsentrasi Warna Terhadap Waktu Kontak**

Persentase penyisihan terbesar Fe, Zn, dan warna oleh adsorben arang aktif sabut kelapa ukuran 20-35 mesh dengan aktivator 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berturut-turut adalah 61,4%, 18,858%, dan 98,544%.

## 2. Hasil Uji Batch

Penentuan isoterm untuk percobaan batch dilakukan percobaan dengan variasi massa. Konsentrasi pada saat setimbang tersebut dimasukkan dalam persamaan Freundlich, Langmuir, dan BET untuk menentukankarakteristik proses adsorpsi yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1 Persamaan Freundlich, Langmuir, dan BET**

Parameter	Ukuran	20 - 35 Mesh 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
		Freundlich	Langmuir	BET
Fe	persamaan	19,458x – 26,951	218.166x / 11789	-21.957x + 11.629
	slope	19.458	218166	-21957
	intercept	-26,951	-11.789	11.629
	R <sup>2</sup>	0,9516	0,9848	0,9823
Parameter	Ukuran	20 - 35 mesh 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	Isoterm	Freundlich	Langmuir	BET

Parameter	Ukuran	20 - 35 Mesh 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
		Freundlich	Langmuir	BET
Zn	persamaan	2,7215x – 6,7127	172.672,65 / x-8411.90	152.773,93x – 97.297,33
	slope	2,7215	172.672,65	152.773,93
	intercept	-6,7127	-8411,9	-97297,33
	R <sup>2</sup>	0,9166	0,94	0,96
Parameter	Ukuran	20 - 35 mesh 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	Isoterm	Freundlich	Langmuir	BET
Warna	persamaan	0,4638x – 2,3242	511,29x + 23,352	28,391x + 1,7439
	slope	0,4638	511,29	28,391
	intercept	-2,3242	23,352	1,7439
	R <sup>2</sup>	0,8963	0,8503	0,9227

Dari ketiga model persamaan yang digunakan pada proses adsorpsi secara batch diatas, dapat ditentukan isoterm yang digunakan berdasarkan nilai R<sup>2</sup> yang paling besar untuk parameter Fe isoterm yang digunakan adalah isoterm Langmuir dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9848. Untuk parameter Zn isoterm yang digunakan adalah isoterm BET dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,96, sedangkan untuk warna isoterm yang digunakan adalah isoterm BET dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9227.

Perhitungan Fe pada persamaan Langmuir

$$Intercept = \frac{1}{qm} \quad Slope = \frac{1}{qm \cdot k_{ads}}$$

$$qm = \frac{1}{Intercept} \quad 21.8166 = \frac{1}{0,0000848 \cdot k_{ads}}$$

$$qm = \frac{1}{11.789} \quad K_{ads} = \frac{1}{18,5}$$

$$qm = 0,0000848 \quad K_{ads} = 0,05$$

Perhitungan Zn pada persamaan BET :

$$Intercept = \frac{1}{k_B \cdot q_m} \quad Slope = \left( \frac{k_B - 1}{k_B \cdot q_m} \right)$$

$$K_B \cdot q_m = \frac{1}{Intercept} \cdot 152.773,93 = \left( \frac{k_B - 1}{k_B \cdot q_m} \right)$$

$$K_B \cdot q_m = \frac{1}{97.297,33} \cdot 152.773,93 = \left( \frac{k_B - 1}{0,00001} \right)$$

$$K_B \cdot q_m = 0,00001 \quad K_B = 1,57 + 1$$

$$qm = 0,00000039 \quad K_B = 2,57$$

Perhitungan Warna pada persamaan BET :

$$Intercept = \frac{1}{k_B \cdot q_m} \quad Slope = \left( \frac{k_B - 1}{k_B \cdot q_m} \right)$$

$$K_B \cdot q_m = \frac{1}{Intercept} \cdot 28,391 = \left( \frac{k_B - 1}{k_B \cdot q_m} \right)$$

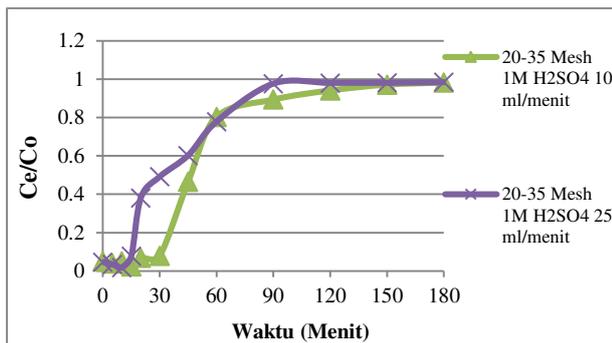
$$K_B \cdot q_m = \frac{1}{1,7439} \cdot 28,391 = \left( \frac{k_B - 1}{0,572} \right)$$

$$K_{b,q_m} = 0,572 K_b = 16,24 + 1$$

$$q_m = 0,033K_b = 17,24$$

### 3. Hasil Uji Kontinyu

Hasil penelitian dari percobaan kontinyu diujikan dengan alat AAS (Atomic Absorbtion Spectrofotometer) di Laboratorium Teknik Lingkungan. Data yang diperoleh dari hasil uji AAS berupa penurunan konsentrasi besi (Fe) dan seng (Zn) sedangkan warna menggunakan spectrofotometer kemudian diperoleh grafik terobosan seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4. Grafik Terobosan Pada Kolom Kontinyu Terhadap Parameter Fe**

Pada gambar 4 memperlihatkan bahwa dengan variasi debit limbah memiliki kecenderungan yang sama dalam menurunkan konsentrasi Fe. Pada debit 10 ml/menit menunjukkan titik jenuh yang lebih lama daripada debit 25 ml/menit. Hal ini disebabkan karena semakin cepat debit maka semakin banyak ion Fe yang terjerap pada adsorben sehingga semakin cepat adsorben menjadi jenuh.

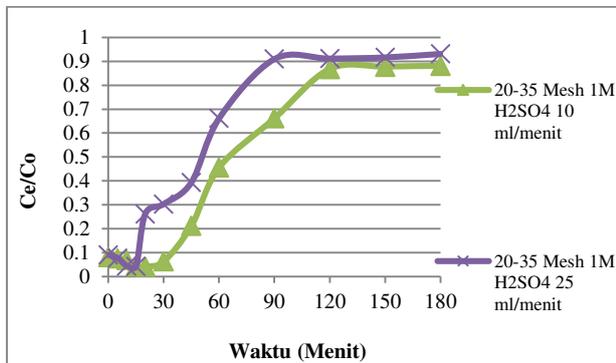
Pada gambar 4 pada saat  $t = 0$  diukur pada saat limbah keluar pertama kali dari kolom adsorben sehingga sudah terjadi kontak antara limbah dengan adsorben yang ada di dalam kolom. Limbah keluar pertama kali saat kolom sudah terisi penuh dimana pada debit 25 ml/menit dibutuhkan waktu 14 menit sedangkan untuk 10 ml/menit dibutuhkan 33 menit. Penurunan paling tinggi terjadi pada menit-menit awal. Pada menit ke-15 dengan debit 10 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 97,58% sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 98,15% pada menit ke-10. hal ini dikarenakan pada menit tersebut arang aktif sabut kelapa masih dalam keadaan segar sehingga mampu menjerap secara maksimal

adsorbate Fe yang terlarut dalam air. Namun, efisiensi terus berkurang seiring berjalanya waktu yang menandakan adsorben sudah jenuh. Pada debit 10 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum yaitu sebesar 2,71% pada waktu 151 menit sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum yaitu sebesar 1,9% pada waktu 105,5 menit. Hal ini sesuai dengan percobaan Rahmadani (2008) yaitu semakin besar debit maka waktu jenuh akan semakin cepat.

Pada grafik tersebut dapat dilihat nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada debit 10 ml/menit sebesar 0,9216 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,9621. Sehingga nilai koefisien korelasi ( $R$ ) didapatkan dengan mengakarkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu pada debit 10 ml/menit sebesar 0,96 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,98. Koefisien korelasi ( $R$ ) menandakan hubungan antara debit dengan konsentrasi besi (Fe). Pada debit 10 ml/menit didapatkan nilai  $R$  sebesar 0,96 atau 96% hal ini berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi besi (Fe) dengan penyimpangan sebesar 0,04 atau 4% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut, sedangkan pada debit 25 ml/menit didapatkan nilai  $R$  sebesar 0,98 atau 98% hal ini juga berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi besi (Fe) dengan penyimpangan sebesar 0,02 atau 2% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut.

Menurut Mc Cabe (1990) waktu yang terjadi untuk sampai pada titik tembus biasanya tercapai pada saat  $C/Co = 0,05$ , sedangkan waktu untuk sampai pada jenuh pada saat  $C/Co = 0,95$ . Titik tembus adalah titik dimana konsentrasi effluent mulai meningkat. Berdasarkan grafik diatas pada debit limbah 10 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 17,5 menit dengan volume 0,15 L sedangkan pada debit 25 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 13,5 menit dengan volume 0,3 L. Untuk titik jenuh pada debit 10 ml/menit titik jenuh terjadi pada waktu 151 menit, sedangkan pada debit 25 ml/menit terjadi pada waktu 105,5 menit. Titik jenuh didapatkan dengan menghitung nilai deferensial dari persamaan polynomial yang didapatkan. Pada saat terjadi titik tembus sebaiknya arang sudah harus diregenerasi karena seiring berjalan waktu  $C/Co$  semakin mendekati 1 atau konsentrasi effluent semakin

mendekati konsentrasi influent hal ini menandakan bahwa adsorben sudah jenuh. Pada kondisi ini kurva yang terjadi berbentuk seperti huruf S.



**Gambar 5. Grafik Terobosan Pada Kolom Kontinyu Terhadap Parameter Zn**

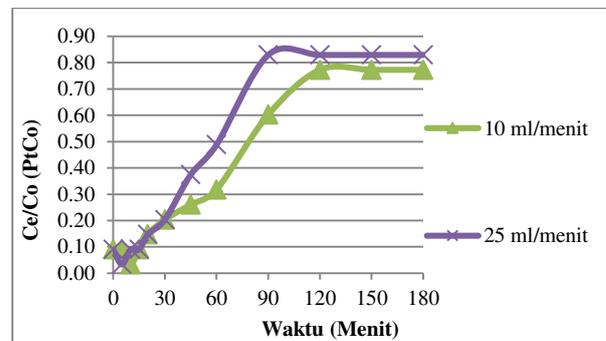
Pada gambar 5 memperlihatkan bahwa dengan variasi debit limbah memiliki kecenderungan yang sama dalam menurunkan konsentrasi Zn. Pada debit 10 ml/menit menunjukkan titik tembus yang lebih lama daripada debit 25 ml/menit. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan pada Rahmadani (2008) menunjukkan bahwa semakin kecil debit akan menyebabkan semakin panjang zona pertukaran ion.

Berdasarkan gambar 5 penurunan paling tinggi terjadi pada menit-menit awal. Pada menit ke-20 dengan debit 10 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 95,83% sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 95,79% pada menit ke-15. hal ini dikarenakan pada menit tersebut arang aktif sabut kelapa masih dalam keadaan segar sehingga mampu menjerap secara maksimal adsorbate Zn yang terlarut dalam air. Namun, efisiensi terus berkurang seiring berjalanya waktu yang menandakan adsorben sudah jenuh. Pada debit 10 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum yaitu kurang dari 11.9% pada waktu 225 menit sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum sebesar 7,5% pada waktu 165 menit. Hal ini sesuai dengan percobaan Rahmadani (2008) yaitu semakin besar debit maka waktu jenuh akan semakin cepat.

Pada grafik tersebut dapat dilihat nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada debit 10 ml/menit sebesar 0,9416 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,9629. Sehingga nilai koefisien korelasi (R) didapatkan dengan

mengakarkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu pada debit 10 ml/menit sebesar 0,97 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,98. Koefisien korelasi (R) menandakan hubungan antara debit dengan konsentrasi seng (Zn). Pada debit 10 ml/menit didapatkan nilai R sebesar 0,97 atau 97% hal ini berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi seng (Zn) dengan penyimpangan sebesar 0,03 atau 3% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut, sedangkan pada debit 25 ml/menit didapatkan nilai R sebesar 0,98 atau 98% hal ini juga berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi seng (Zn) dengan penyimpangan sebesar 0,02 atau 2% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut.

Berdasarkan grafik diatas pada debit limbah 10 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 27 menit dengan volume sebesar 0,26 L sedangkan pada debit 25 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 15,5 menit dengan volume sebesar 0,16 L. Untuk titik jenuh pada debit 10 ml/menit terjadi pada waktu 225 menit dan pada debit 25 ml/menit terjadi pada waktu 165 menit. Titik jenuh didapatkan dengan menghitung nilai diferensial dari persamaan polynomial yang didapatkan



**Gambar 6. Grafik Terobosan Pada Kolom Kontinyu Terhadap Parameter Warna**

Pada gambar 6 juga memperlihatkan hal yang sama seperti dengan parameter Fe dan Zn bahwa dengan variasi debit limbah memiliki kecenderungan yang sama dalam menurunkan konsentrasi warna. penurunan paling tinggi terjadi pada menit-menit awal. Pada menit ke-10 dengan debit 10 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 96,64 % sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi mencapai maximum yaitu sebesar 96,64% pada menit ke-5. hal ini dikarenakan pada menit tersebut arang

aktif sabut kelapa masih dalam keadaan segar sehingga mampu menjerap secara maksimal adsorbate warna yang terlarut dalam air. Namun, efisiensi terus berkurang seiring berjalanya waktu pada debit 10 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum yaitu dibawah 22,73% pada waktu 190 menit sedangkan pada debit 25 ml/menit efisiensi berkurang hingga efisiensi minimum yaitu dibawah 17,05% pada waktu 141,25 menit. Hal ini sesuai dengan percobaan Rahmadani (2008) yaitu semakin besar debit maka waktu jenuh akan semakin cepat.

Pada grafik tersebut dapat dilihat nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada debit 10 ml/menit sebesar 0,9619 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,9657. Sehingga nilai koefisien korelasi (R) didapatkan dengan mengakarkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu pada debit 10 ml/menit sebesar 0,98 dan pada debit 25 ml/menit sebesar 0,98. Koefisien korelasi (R) menandakan hubungan antara debit dengan konsentrasi warna. Pada debit 10 ml/menit didapatkan nilai R sebesar 0,98 atau 98% hal ini berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi warna dengan penyimpangan sebesar 0,02 atau 2% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut, sedangkan pada debit 25 ml/menit didapatkan nilai R sebesar 0,98 atau 98% hal ini juga berarti menandakan hubungan yang kuat antara debit dengan konsentrasi warna dengan penyimpangan sebesar 0,02 atau 2% yang menandakan ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi percobaan tersebut.

Berdasarkan grafik diatas pada debit limbah 10 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 12 menit dengan volume sebesar 0,12 L dan debit limbah 25 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 7 menit dan dengan volume sebesar 0,17 L. Untuk titik jenuh pada debit 10 ml/menit terjadi pada waktu 190 menit dan 25 ml/menit terjadi pada waktu 141,25 menit. Hal ini sesuai dengan Sundstrom & Klei (1979) yang menyatakan bahwa pada kolom kontinu kejenuhan adsorben akan bertambah dengan seiring berjalanya waktu kontak antara adsorben dan adsorbat dan akhirnya konsentrasi effluen akan sama dengan konsentrasi influent. Titik jenuh didapatkan dengan menghitung nilai deferensial dari persamaan polynomial yang didapatkan.

Berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan diatas nilai  $K_1$  dan  $q_0$  adalah sebagai berikut :

Untuk Parameter Fe

a. Debit 10 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_0}{C_e} - 1 \right) = -4,6195x + 3,1158$ . Dengan nilai *slope* 4,6195 dan nilai *intercept* 3,1158. Maka nilai  $k_1$  adalah :

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_0}{Q}$$

$$4,6195 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,022 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dari perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$3,1158 = \frac{0,022 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$q_0 = 0,236 \text{ mg/g}$$

b. Debit 25 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_0}{C_e} - 1 \right) = -1,8552x + 2,4521$ . Dari persamaan tersebut didapat nilai *slope* sebesar 1,8552 dan *intercept* sebesar 2,4521. Maka nilai  $k_1$  adalah:

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_0}{Q}$$

$$1,8552 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,0221 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dengan perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$2,4521 = \frac{0,0221 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

$$q_0 = 0,4623 \text{ mg/g}$$

Untuk Parameter Zn

a. Debit 10 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_0}{C_e} - 1 \right) = -3,2631x + 2,923$ . Dengan nilai *slope* 3,2631 dan nilai *intercept* 2,923. Maka nilai  $k_1$  adalah:

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_0}{Q}$$

$$3,2631 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,0155 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dari perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$2,923 = \frac{0,0155 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$q_0 = 0,314 \text{ mg/g}$$

b. Debit 25 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_o}{C_e} - 1 \right) = -1,3516x + 2,2892$ . Dari persamaan tersebut didapat nilai *slope* sebesar 1,3516 dan *intercept* sebesar 2,2892. Maka nilai  $k_1$  adalah:

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_o}{Q}$$

$$1,3516 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,0161 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dengan perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$2,2892 = \frac{0,00161 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

$$q_0 = 0,5924 \text{ mg/g}$$

Untuk Parameter Warna

a. Debit 10 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_o}{C_e} - 1 \right) = -2,4741x + 2,4215$ . Dengan nilai *slope* 2,4741 dan nilai *intercept* 2,4215. Maka nilai  $k_1$  adalah :

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_o}{Q}$$

$$2,4741 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,0117 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dari perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$2,4215 = \frac{0,0117 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,1666 \text{ ml/detik}}$$

$$q_0 = 0,3449 \text{ mg/g}$$

b. Debit 25 ml/menit

Persamaan grafik adalah  $\ln \left( \frac{C_o}{C_e} - 1 \right) = -1,1147x + 2,3196$ . Dari persamaan tersebut didapat nilai *slope* sebesar 1,1147 dan *intercept* sebesar 2,3196. Maka nilai  $k_1$  adalah :

$$\text{slope} = \frac{k_1 \cdot C_o}{Q}$$

$$1,1147 = \frac{k_1 \times 34,9986}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

$$k_1 = 0,0132 \text{ ml/mg.detik}$$

Untuk nilai  $q_0$  dapat dihasilkan dengan perhitungan berikut :

$$\text{Intercept} = \frac{k_1 \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$2,3196 = \frac{0,0132 \times q_0 \times 100 \text{ gr}}{0,4167 \text{ ml/detik}}$$

## KESIMPULAN

Pengolahan limbah galvanis dengan menggunakan metode adsorpsi pada percobaan batch memiliki efisiensi penjerapan tertinggi pada ukuran media 20-35 mesh dengan aktivator 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 61,4% untuk parameter besi (Fe), 18,85% untuk seng (Zn), dan 98,54% untuk warna. Hasil penelitian menunjukkan juga bahwa terdapat pengaruh variasi ukuran media dan konsentrasi aktivator terhadap nilai efisiensi penjerapan yaitu bahwa semakin kecil ukuran media maka semakin besar penurunan konsentrasi besi (Fe), seng (Zn), dan warna disisi lain penelitian menunjukkan juga semakin besar konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maka efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe), seng (Zn), dan warna semakin besar.

Pengolahan limbah galvanis dengan menggunakan metode adsorpsi pada percobaan kontinyu memiliki efisiensi penjerapan pada debit 10 ml/menit untuk parameter besi (Fe) sebesar 97,58 %, seng (Zn) sebesar 95,83 %, dan warna sebesar 96,64 %, sedangkan pada debit 25 ml/menit untuk parameter besi (Fe) sebesar 98,15 %, seng (Zn) sebesar 95,79 % dan warna sebesar 96,64%. Hasil penelitian menunjukkan juga bahwa terdapat pengaruh variasi debit terhadap waktu jenuh penjerapan parameter besi (Fe), seng (Zn), dan warna yaitu bahwa semakin besar debit maka semakin cepat waktu jenuh penjerapan yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cheremisnoff, Nicholas. P. 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.USA.
- Eckenfelder. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. Mc Graw Hill Book Company. Singapore.
- HadiwidodoMochtar. 2008. *Penggunaan Abu SekamPadiSebagaiAdsorbenDalamPengolahan Air Limbah Yang MengandungLogam Cu*.TEKNIK – Vol. 29 No. 1 ISSN 0852-1697
- Igwe, J.C. et al. 2005. *Sorption Kinetics and Intraparticulate diffusivity of As (III) Bioremediation From Aqueous Solution Using Modified and Unmodified Coconut*

*Fiber. African Journal of Biotechnology*  
Vol 4 (10).

Mc. Cabe, Warren, L. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering Fifth Edition*. Mc Graw Hill. Singapore.

Rahmadani, Ika (2008). *Penurunan Kadar Kromium Total Hasil Reduksi Kromium (VI) Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Krom Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Kelapa (Cocos nucifera) Studi Kasus : Limbah Cair Industri Pelapisan Logam CV Citra Utama Semarang*. Jurusan Teknik Lingkungan UNDIP

Reynold, Tom D. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. Wadsworth Inc. California

Sawyer, Clair N, et al. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science Fifth Edition*. Mc Graw Hill. New York.

Sundstrom, Donald W., and Herben E. Klei. 1979. *Waste Water Treatment Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 07632. USA*