

PENGARUH WAKTU ALIR DAN AGEN REGENERASI BIOADSORBEN KULIT SINGKONG TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BESI TOTAL AIR SUMUR ARTIFISIAL

Meirianti Zulfa Catur P., Ganjar Samudro, ST, MT, Ir. Irawan Wisnu Wardhana, MS.

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Uversitas 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

ABSTRAK

Well water is one of the water resources for the society. The main problem of well water is the high concentration of Fe. Adsorption using activated carbon is one of the water treatment technology. This research using well water with pH 2.26. Activated carbon is produced from cassava peel. The production process of activated carbon starting with composing cassava peel using furnace in 300^oC for 2 hours then the activation process using KOH 0.3 N during 1 hour while stirring and heating in 50^oC. We choose 10 mesh for the adsorbent size with independent variables in the agent of regeneration and the duration of regeneration process. The variations of the agent of regeneration are distilled water and effluent water recirculation. Whereas the durations of regeneration process are in 1 minute, 2 minutes, and 3 minutes. The highest efficiency removal of Fe in batch system obtained when the adsorbent mass 18 gram is equal to 88.3%. While in the continue system, we use adsorption column with 2.54 cm in the diameter and 80 cm in the height. At the height of 74 cm, it is equipped with overflow. The adsorption column has constant flow rate of 10 ml/minutes. The most optimum regeneration agent for cassava peel is distilled water with 3 minutes of regeneration time. It results the saturated time 119 hours, as the longest saturated time.

Key words: *distilled water, well water, adsorption, activated carbon, cassava peel, Fe, regeneration process, saturated time.*

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama manusia. Syarat ketersediaan air antara lain kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Bagi Negara berkembang seperti Indonesia, kualitas air merupakan sebuah masalah utama. Masyarakat Negara berkembang terutama Indonesia biasanya memanfaatkan air sumur sebagai sumber air bersihnya.

Kendala dalam penggunaan air sumur adalah kondisi air berwarna kuning dan berbau karat yang mengindikasikan konsentrasi besi (Fe) melebihi ambang batas. Berdasarkan Permenkes RI No:416/MENKES/PER/IX/1990 kadar besi dalam air bersih yang diperbolehkan maksimum 1,0 mg/l sedangkan untuk air minum sebesar 0,3 mg/l.

Masyarakat di Desa Gubug, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan

menggunakan air sumur sebagai sumber air bersihnya. Masalah yang kemudian timbul adalah air yang berwarna kuning dan berbau karat. Pada tanggal 13 Mei 2014 dilakukan pengambilan sample air sumur dari tiga rumah untuk kemudian dilakukan uji laboratorium. Didapatkan bahwa konsentrasi besi (Fe) pada air sumur di Desa Gubug, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan rata-rata 2,3 mg/L dengan baku mutu air bersih sebesar 1 mg/L dan air minum sebesar 0,3 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa kadar besi (Fe) pada air sumur di Desa Gubug, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan melebihi baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan.

Bioadsorpsi merupakan teknologi tepat guna yang sudah banyak digunakan untuk menurunkan konsentrasi Fe pada air sumur. Media yang biasa digunakan adalah arang aktif berbahan baku kulit singkong, tempurung kelapa, tempurung biji jarak, tempurung kemiri, tongkol jagung dan lain-lain. Secara garis besar, bahan baku yang digunakan sebagai bioadsorben memiliki kandungan karbon (C) tinggi. Kulit singkong memiliki kandungan karbon sebesar 59,31% (Mazia, 2009 : 4). Penelitian mengenai penggunaan kulit singkong sebagai bioadsorben telah dilakukan sebelumnya oleh Ikawati (2010) yang menerangkan bahwa arang kulit singkong dapat menurunkan kadar Besi (Fe) sebesar 90,2%. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan Jusmanizah (2011) dan Faisal Abrani Siregar (2013) bahwa kulit singkong dapat menurunkan konsentrasi Besi (Fe) pada air sumur dan air limbah industri pertambangan sebesar 96,4% dan 84,5%. Namun permasalahan utama penggunaan bioadsorben adalah *life time* nya yang pendek yaitu rata-rata 24 jam masa pakai (Eckenfelder, 2000).

Berdasarkan kondisi di Desa Gubug, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan diperlukan teknologi tepat guna untuk mengatasi permasalahan tersebut. Bioadsorben berbahan dasar kulit singkong merupakan solusi yang efektif. Selain sudah terbukti dapat menyisihkan besi (Fe) dalam air hingga 96,4% (Jusmanizah, 2011 : VI-1), Desa Gubug merupakan daerah pertanian yang

memiliki singkong melimpah sehingga kulit singkong yang tadinya dianggap limbah dapat ditingkatkan nilai gunanya menjadi bioadsorben. Namun seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa *life time* bioadsorben sangatlah singkat maka dibutuhkan penelitian untuk menemukan cara memperpanjang *life time* bioadsorben. Salah satu cara memperpanjang *life time* bioadsorben adalah dengan proses regenerasi menggunakan aquades (Indah & Rohaniah, 2011 : 12). Oleh karena itu penelitian ini menerapkan sistem regenerasi bioadsorben guna mengetahui pengaruh regenerasi terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dan *life time* bioadsorben.

Tujuan

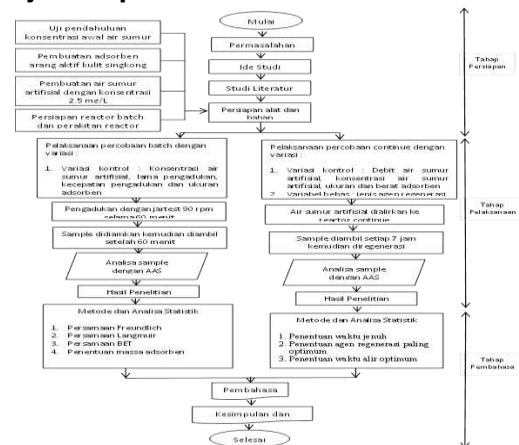
1. Menganalisis lama waktu jenuh adsorben setelah di regenerasi.
2. Menentukan waktu alir optimum yang dibutuhkan saat regenerasi
3. Menentukan jenis agen regenerasi yang paling optimum untuk meregenerasi adsorben kulit singkong.
4. Menganalisis pengaruh waktu alir dan agen regenerasi adsorben kulit singkong.

Ruang Lingkup Kajian

Menganalisa pengaruh regenerasi terhadap penurunan konsentrasi besi total air sumur dan waktu jenuh adsorben menggunakan arang aktif kulit singkong.

METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan Operasional



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

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

Bahan: KOH, air sumur artifisial, aquadest, kulit singkong, aluminium foil.

Cara Kerja

Pembuatan arang kulit singkong dengan cara memanaskan bahan baku menggunakan Furnace dengan suhu 300⁰ C selama 2 Jam (Ikawati dan Melawati, 2010). Setelah itu arang kulit singkong diaktifkan dengan KOH 0,3 N selama 1 jam dengan dipanaskan dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu 50°C (Siregar, 2013). Arang kulit singkong yang telah aktif dinetralisasi dengan aquades kemudian dikeringkan dengan magnetic stirrer pada suhu 125°C.

a. Uji Waktu Regenerasi

Uji waktu regenerasi dilakukan menggunakan jar test dimana 12 gram adsorben dikontakkan dengan 1000 ml air sumur artifisial selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 90 rpm. Pengambilan sample dilakukan setiap 2,5 jam selama 75 jam.

b. Uji Batch

Uji batch dilakukan menggunakan jar test dengan melakukan variasi berat adsorben, 3, 6, 9, 12, 15,18 gram adsorben diujikan ke 250 ml air sumur artifisial selama 1 jam dengan kecepatan 90 rpm. Diambil sampel pada selang waktu 1 jam.

Tujuan uji batch ini untuk mengetahui kapasitas adsorpsi adsorben sehingga bisa diketahui kebutuhan massa adsorben pada uji continue.

Persamaan Freundlich

$$q = K_f C_e^{1/n}$$

Dimana:

q = Banyaknya solut yang terserap per satuan massa adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi solut pada saat kesetimbangan (mg/L)

n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_f = Konstanta Freundlich (L/mg)

Persamaan Langmuir

$$q = q_m \frac{K_{ads} \cdot C}{1 + K_{ads} \cdot C}$$

Dimana:

q = Banyaknya solut yang terserap per satuan massa adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi solut pada saat kesetimbangan (mg/L)

q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_{ads} = Konstanta Langmuir (L/mg)

Persamaan BET

$$q = \frac{q_m k_B C_e}{(C_o - C_e) [1 + (k_B - 1) (C_e / C_o)]}$$

Dimana :

q : jumlah adsorbate yang terserap per unit massa adsorben

C_o : konstanta awal larutan

q_m : kapasitas adsorpsi maksimum

k_B : konstanta BET

c. Percobaan Kontinyu

Arang yang telah aktif siap diujikan dengan cara dipasangkan pada reaktor. Berikut langkah pengujian Adoserben pada reaktor :

- Kolom diisi dengan 60 gram adsorben kulit singkong
- Alat dioperasikan dengan mengalirkan sampel limbah secara gravitasi kebawah secara terus menerus dari bak penampung limbah.
- Setiap 7 jam dilakukan regenerasi dengan menggunakan agen regenerasi berupa aquades dan resirkulasi air hasil olahan.
- Sample diambil 20 ml setiap pengambilan.
- Pada setiap pengambilan sampel, larutan sampel terlebih dahulu disaring menggunakan kertas saring yang bertujuan untuk menyisahkan adsorben yang ikut terambil pada saat pengambilan sampel larutan tersebut.
- 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.

- g) Ulangi langkah dengan variasi debit yang berbeda
- h) Setelah itu data diolah dengan persamaan Thomas agar mendapatkan hasil kinetika adsorpsi dan kapasitas adsorpsi.

Persamaan Thomas ini merupakan penurunan dari rumus Bohart dan Adams (1920). Berikut ini adalah rumus Thomas untuk kolom adsorpsi (Reynold, 1982):

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{K_1}{Q}(q_0 M - C_0 V)}}$$

Dalam hubungan di atas :

C = konsentrasi solut keluar kolom

C₀ = konsentrasi solut masuk kolom

K₁ = konsentrasi laju

q₀ = konsentrasi solut teradsorpsi

maksimum fase padat, misal, garam solut per gram karbon

M = massa adsorben, misal gram

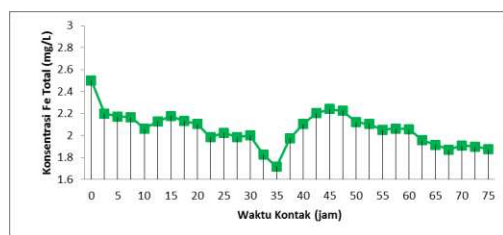
V = volume yang dilewatkan, misal liter

Q = laju alir, misal liter/jam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Waktu Regenerasi

Dari hasil uji waktu regenerasi didapat grafik persentasi penyisihan Fe sebagai berikut :



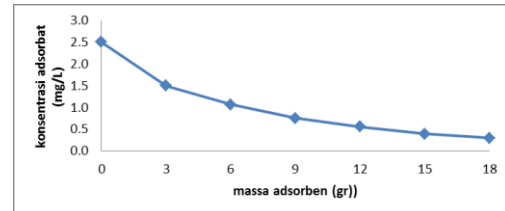
Gambar 2 Grafik Penentuan Waktu Regenerasi

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa waktu kontak optimum terjadi pada jam ke 35. Sesuai dengan teori yang disampaikan M. Sofyan Hadi (2003) yang menyatakan bahwa waktu kontak optimum pada proses adsorpsi menunjukkan bahwa telah terjadi kesetimbangan pemekaran arang yang berarti adsorben perlu diregenerasi. Namun pada

penelitian ini dilakukan regenerasi setiap 7 jam untuk mengetahui penurunan konsentrasinya.

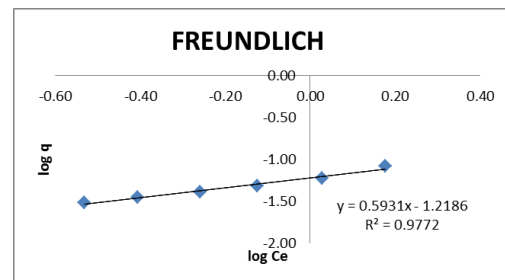
Uji Batch

Dari hasil pengujian percobaan continue didapat grafik persentasi penyisihan Fe sebagai berikut :

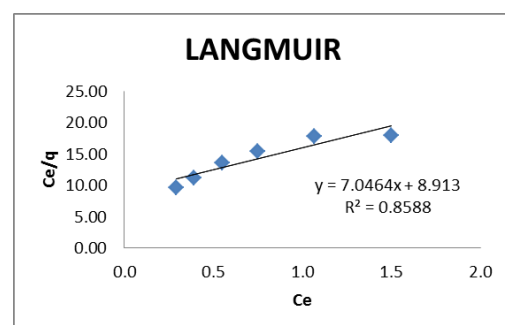


Gambar 3 Grafik Hasil Uji Batch

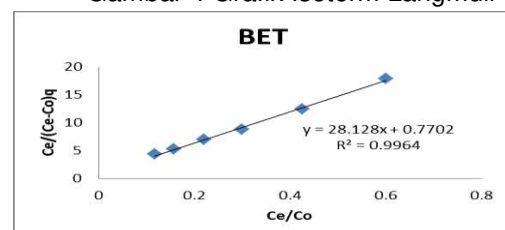
Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin banyak massa adsorben kulit singkong, konsentrasi besi yang terjerap juga semakin banyak. Dari hasil uji batch kemudian dicari isotherm yang memiliki nilai koefisien korelasi (R²).



Gambar 4 Grafik Isotherm Freundlich



Gambar 4 Grafik Isotherm Langmuir



Gambar 4 Grafik Isotherm BET

Dari 3 isotherm yang ada, isotherm BET yang memiliki nilai koefisien korelasi mendekati 1 yaitu 0,9964. Oleh karena itu dipilih isotherm BET untuk menentukan kapasitas adsorpsi dan massa adsorben yang dibutuhkan pada saat uji continue.

Perhitungan pada persamaan BET :

$$\begin{aligned} \text{intercept} &= \frac{1}{kb \times qm} & \text{slope} &= \frac{(kb-1)}{(kb \times qm_{maks})} \\ 0,7702 &= \frac{1}{kb \times qm} & 28,128 &= \frac{(kb-1)}{(kb \times qm_{maks})} \\ kb \times qm &= \frac{1}{0,7702} & 28,128 &= \frac{(kb-1)}{(1,3)} \\ kb \times qm &= 1,3 & kb &= 36,52 + 1 \\ qm &= 0,035 & kb &= 37,52 \end{aligned}$$

$$\text{kapasitas adsorpsi} = \frac{q_m \times k \times C_e}{(C_0 - C_2) \left[1 + (K - 1) \left(\frac{C_2}{C_0} \right) \right]}$$

$$\text{kapasitas adsorpsi} = \frac{0,035 \times 37,52 \times 0,3}{(2,5 - 0,3) \left[1 + (37,52 - 1) \left(\frac{0,3}{2,5} \right) \right]}$$

$$\text{kapasitas adsorpsi} = 0,17 \text{ mg/gram}$$

$$\text{massa adsorben} = \frac{m \text{ adsorbat} \times \text{ef penyisihan}}{\text{kapasitas adsorpsi}}$$

$$\text{massa adsorben} = \frac{2,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,88}{0,17 \frac{\text{mg}}{\text{gram}}}$$

$$\text{massa adsorben} = 13,1 \frac{\text{gram}}{\text{L}}$$

$$\text{massa adsorben} = \text{massa adsorben} \times \text{debit}$$

$$\text{massa adsorben} = 13,1 \frac{\text{gr}}{\text{L}} \times 0,001 \frac{\text{L}}{\text{menit}}$$

$$\text{massa adsorben} = 0,131 \frac{\text{gr}}{\text{menit}}$$

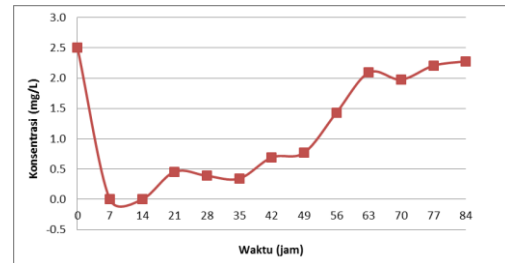
$$\text{massa adsorben} \approx 60 \frac{\text{gr}}{7 \text{ jam}}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa kebutuhan adsorben pada uji continue dengan pengambilan sample tiap 7 jam adalah 60 gram.

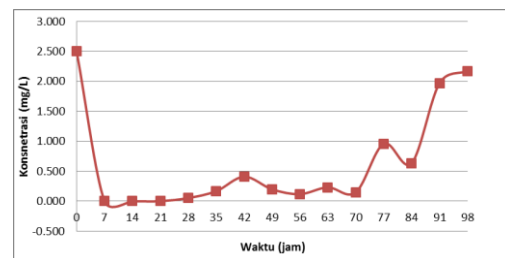
Uji Continue

Pada uji continue ini dilakukan dengan menggunakan debit 10 ml/menit. Media yang digunakan adalah arang aktif kulit singkong yang telah diaktivasi menggunakan KOH 0,3 N dengan ukuran 10 mesh. Kolom adsorpsi yang digunakan terbuat dari pipa PVC Ø 1 inch,

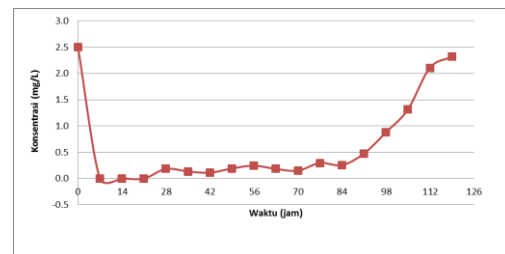
dengan tinggi kolom 80 cm dan pada ketinggian 74 cm dilengkapi dengan overflow. Dari hasil pengujian percobaan continue didapat grafik persentasi penyisihan Fe sebagai berikut :



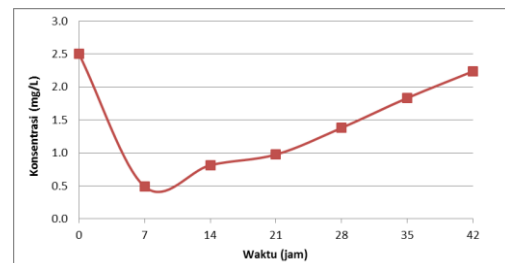
Gambar 2 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi aquades 1 menit



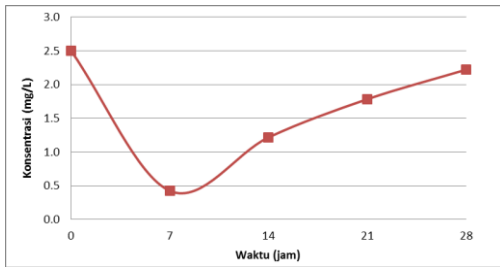
Gambar 3 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi aquades 2 menit



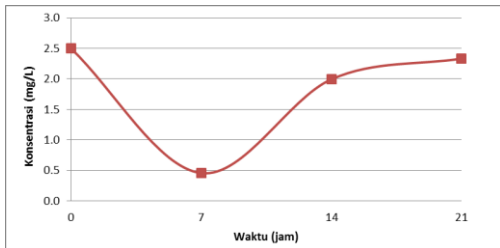
Gambar 4 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi aquades 3 menit



Gambar 5 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi resirkulasi air olahan 1 menit



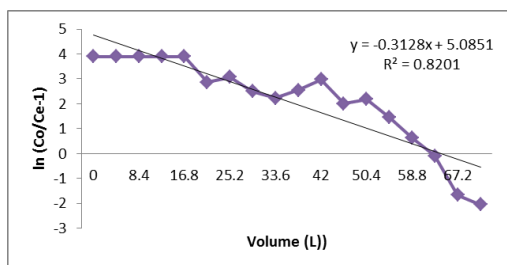
Gambar 5 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi resirkulasi air olahan 2 menit



Gambar 5 Penurunan Konsentrasi Fe setelah regenerasi resirkulasi air olahan 3 menit

Dari keempat grafik di atas diketahui bahwa waktu jenuh terlama diperoleh ketika adsorben kulit singkong di regenerasi menggunakan aquades selama 3 menit. Hal ini dikarenakan adanya pertukaran ion antara ion H^+ pada aquades (H_2O) dengan ion Fe yang menempel di permukaan adsorben. Berdasarkan deret volta, ion H^+ akan menggantikan posisi ion Fe di permukaan adsorben sehingga Fe yang tadinya menempel di adsorben dapat berkurang. Jika Fe yang menempel di adsorben berkurang maka waktu jenuh adsorben dapat diperlama.

Berdasarkan agen regenerasi dan waktu alir optimum yaitu regenerasi dengan aquades selama 3 menit, kemudian dihitung persamaan Thomas sebagai berikut :



Persamaan grafik $y = -0,3128x + 5,0851$ maka nilai k_1 adalah :

$$\text{slope} = \frac{k_1 C_o}{Q} \quad \text{intercept} = \frac{k_1 \times q_o \times M}{Q}$$

$$0,3128 = \frac{k_1 \times 2,5 \text{ mg/L}}{0,167 \text{ mL/detik}} \quad 5,08 = \frac{0,0214 \times q_o \times 80}{0,167}$$

$$k_1 = 0,0214 \frac{\text{mg}}{\text{mg} \cdot \text{detik}}$$

$$q_o = 0,667 \text{ mg/gram}$$

Sehingga persamaan Thomas yang dihasilkan untuk parameter Fe dengan debit 10 mL/menit adalah

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0214}{Q}(0,667 \cdot M - C_o \cdot V)}}$$

KESIMPULAN

1. Pada uji waktu regenerasi adsorben didapatkan bahwa bioadsorben kulit singkong mencapai penyisihan optimum dan perlu diregenerasi pada jam ke 35.
2. Hasil uji batch menunjukkan bahwa isotherm yang tepat untuk proses adsorpsi kulit singkong untuk menyisihkan konsentrasi besi total dalam air sumur dengan activator KOH adalah isotherm BET dengan koefisien korelasi tertinggi yaitu 0,9964.
3. Perhitungan massa adsorben menunjukkan bahwa kebutuhan massa adsorben sebesar 60 gram untuk debit 10 ml/menit.
4. Hasil uji continue menunjukkan bahwa agen regenerasi yang paling optimum untuk meregenerasi bioadsorben kulit singkong adalah aquades dengan waktu alir 3 menit.
5. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan aquades dengan waktu alir 1 menit adalah 84 jam.
6. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan aquades dengan waktu alir 2 menit adalah 98 jam.
7. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan aquades dengan waktu alir 3 menit adalah 119 jam.
8. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan resirkulasi air hasil olahan dengan waktu alir 1 menit adalah 42 jam.
9. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan resirkulasi air hasil olahan dengan waktu alir 2 menit adalah 28 jam.

-
10. Waktu jenuh adsorben kulit singkong setelah regenerasi menggunakan resirkulasi air hasil olahan dengan waktu alir 3 menit adalah 21 jam.
 11. Berdasarkan hasil uji Isoterm Thomas didapatkan nilai k_1 sebesar 0,0214 ml/mg.detik dan nilai q_0 sebesar 0,667 mg/gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Ikawati, I., & Melati, M. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Sngkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Indah, S., & Rohaniah. (2011). *Studi Regenerasi Kulit Jagung (*Zea mays L.*) Untuk Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah*. Padang: Universitas Andalas.
- Jannati, D., & Mazia, S. (2009). *Karbon Aktif Sebagai Filter Air*. Koran Jakarta, 4.
- Jusmanizah. (2011). *Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Air Sumur Gali*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 416/MENKES/PER/IX/1990. (n.d.). *Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air*.
- Sagala, G. (2014). *Pemanfaatan Sekam Padi, Jerami, Dan Serabut Kayu Meranti Menjadi Arang Aktif Dengan Aktifator Asam Sulfat Sebagai Media Filter*

Penurunan Kadar Pb Pada Air Hujan. Semarang: Universitas Diponegoro.

- Siregar, F. A. (2013). *Studi Penyerapan Besi dan Sulfat dari Limbah Industri Pertambangan dengan Adsorben Kulit Ubi Kayu dan Spent Mushroom*. Medan: Universitas Sumatera Utara.