

UJI EFEKTIVITAS ADSORPSI BIOADSORBEN SERBUK KULIT BUAH SUKUN (*Artocarpus atilis*) TERHADAP LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA LIMBAH LABORATORIUM INDUSTRI FARMASI

Siti Nurmalah Riskiyani Hayati ¹⁾, Hesty Nuur Hanifah ²⁾, Ginayanti Hadisoebroto ³⁾

^{1) 2) 3)}Program Studi Farmasi, Fakultas MIPA, Universitas Al-Ghifari, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia.

Email : hesty.nuur@gmail.com

ABSTRAK

Kulit buah sukun memiliki banyak kandungan kimia seperti hidrokoloid polisakarida, saponin, polifenol, asam hidrosianat, asetilkolin, tanin, riboflavin, flavonoid dan selulosa. Kulit buah sukun mengandung selulosa dengan kadar 17,59%. Selulosa merupakan polisakarida yang mengandung gugus –OH sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk logam berat seperti logam Zn. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui efektivitas kulit buah sukun sebagai adsorben terhadap penyerapan logam Zn pada kondisi pH, waktu kontak dan massa optimumnya, serta untuk mengetahui model kinetika adsorpsi yang tepat pada penyerapan logam Zn yang terdapat pada limbah cair industri farmasi. Proses optimasi pH, waktu kontak dan massa ditentukan menggunakan desain uji faktorial dengan aplikasi *Design Expert*. Penentuan kadar Zn pada sampel dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa % efektivitas penyerapan Zn tertinggi yaitu 94,29% pada pH 8, waktu kontak 45 menit dan massa adsorben 125 mg. Kinetika adsorpsi penyerapan logam Zn pada 100, 125 dan 150 mg mengikuti model kinetika orde 0.

Kata kunci : Adsorpsi, Serbuk, Kulit Buah Sukun, Efektivitas, Kinetika Adsorpsi

ABSTRACT

Breadfruit peel has many chemical constituents such as hydrocolloid polysaccharides, saponins, polyphenols, hydrocyanic acid, acetylcholine, tannins, riboflavin, flavonoids and cellulose. Breadfruit peel contains 17.59% cellulose. Cellulose is a polysaccharide that contains –OH groups so that it can be used as an adsorbent for heavy metals such as Zn metals. The purpose of this study was to determine the effectiveness of breadfruit peel as an adsorbent for the absorption of Zn metals at optimum conditions of pH, contact time and mass, and to determine the appropriate adsorption kinetics model for the absorption of Zn metals found in pharmaceutical industrial wastewater. The process of optimizing pH, contact time and mass is determined using a factorial test design with the Design Expert application. Determination of Zn levels in the samples was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results showed that the highest % effective absorption of Zn metal absorption was 94.29% at pH 8, contact time of 45 minutes and adsorbent mass of 125 mg. The adsorption kinetics of Zn metal absorption at 100, 125 and 150 mg followed the 0-order kinetics model.

Keywords : Adsorption, Powder, Breadfruit Peel, Effectiveness, Adsorption Kinetics

PENDAHULUAN

Kegiatan dari industri dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena menghasilkan limbah, terutama pencemaran air oleh limbah logam berat. Salah satu logam berat dari sekian banyak logam yang dihasilkan dari kegiatan industri tersebut adalah logam seng (Zn(II)) (Tong *et al.*, 2011).

Seng (Zn (II)) merupakan salah satu logam berat paling umum ditemukan di industri. Seng adalah ion logam esensial yang berfungsi sebagai mikronutrien ketika ditemukan dalam jumlah sedikit. Namun, paparan berlebihan dapat merusak kehidupan manusia dan sistem lingkungan (Yi *et al.*, 2017). Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (USEPA) telah menetapkan tingkat kontaminasi maksimum Zn (II) sebagai 0,8

mg/L untuk permukaan atau air tanah yang akan digunakan dalam pasokan air minum (Nguyen *et al.*, 2013). Selain itu, Organisasi kesehatan dunia, WHO menyarankan 0,01, 0,05 dan 3 mg/L untuk air permukaan, air tanah dan air minum, masing-masing sebagai batas maksimum yang diizinkan untuk Zn(II). Jika tidak, peningkatan konsentrasi seng menyebabkan masalah kesehatan yang parah seperti sifat lekas marah, kehilangan nafsu makan dan mual, vertigo, disharmoni, arteriosklerosis, kerusakan pankreas (Sellaoui *et al.*, 2016).

Logam berat yang terdapat di lingkungan akan sangat membahayakan bagi makhluk hidup. Logam berat bersifat sukar terurai, sehingga sangat mudah terkumpul dalam lingkungan. Keberadaan logam berat yang terdapat dalam air dan sedimen dapat masuk dalam sistem rantai makanan dan dapat berdampak pada kehidupan makhluk hidup. Logam berat seperti Zn juga banyak terdapat di limbah. Salah satu alternatif untuk mengatasi pencemaran limbah dari logam berat dengan menggunakan metode untuk menghilangkan polutan organik yaitu metode adsorpsi. Zat yang menyerap disebut adsorben dan zat yang terserap disebut adsorbat (Pratama *et al.*, 2017).

Proses adsorpsi logam oleh bioadsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain waktu kontak, konsentrasi awal adsorbat, dan pH. (Odeh *et al.*, 2015). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah pengolahannya relatif sederhana, dan efisiensinya relatif tinggi, efektif serta tidak memberikan dampak buruk terhadap lingkungan (Hossain *et al.*, 2012).

Kulit buah sukun memiliki banyak kandungan kimia seperti hidrokoloid polisakarida, saponin, polifenol, asam hidrosianat, asetilkolin, tanin, riboflavin, flavonoid dan selulosa. Berdasarkan penelitian Pratiwi (2011), menunjukkan bahwa kulit buah sukun mengandung selulosa dengan kadar 17,59%. Selulosa merupakan polisakarida yang mengandung gugus -OH sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Priyantha *et al.*, 2013). Serbuk Kulit buah sukun bisa diproses dan dikonversi menjadi adsorben karena memiliki luas permukaan yang besar memiliki potensi besar untuk menyerap kontaminan berbahaya seperti logam berat (Annadurai, G *et al.*, 2014). Keuntungan menggunakan adsorben alami pada proses adsorpsi mudah tersedia, biaya rendah, kesederhanaan untuk digunakan dan ramah lingkungan (Hossain *et al.* 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan optimasi dari pH, waktu kontak, massa terhadap penyerapan logam seng (Zn) dengan adsorben dari serbuk kulit buah sukun, serta untuk menentukan nilai % efektivitas penyerapan dan kinetika adsorpsinya.

METODELOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan untuk proses terdiri dari AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometri*) Shimadzu AA-7000, timbangan analitik, ayakan (Mesh no. 100), pH meter, oven, *blender*, cawan porselen, gelas ukur, gelas kimia, *magnetic stirrer* dan alat lain yang diperlukan.

Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk proses terdiri dari, serbuk kulit buah sukun, HCl 1 N, NaOH 1 N, HNO_{3(p)} 69-70%, *aquadest*, larutan standar *Zinc* 1000 ppm.

Pengumpulan Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini yaitu buah sukun (*Artocarpus altilis*) yang diperoleh dari kebun warga di daerah Ujung Berung, Kabupaten Bandung.

Determinasi Tanaman

Determinasi tanaman buah sukun dilakukan di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA UNPAD.

Preparasi Sampel Kulit Buah Sukun

Buah sukun yang dipilih adalah buah yang sudah matang terlihat dari benjolan kulitnya yang mulai mekar atau merata dan berwarna kusam hijau kekuningan dibagian kulit (Yati, 2010), kemudian dilakukan pengupasan untuk memperoleh kulit buah sukun dan dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran yang masih menempel.

Pembuatan Serbuk Kulit Buah Sukun

Sampel kulit buah sukun yang telah dibersihkan dipotong-potong sampai ukuran ±3 cm dan dilakukan pengeringan dengan sinar matahari selama 1 hari (Sarofatin *et al.*, 2018). Kemudian buah sukun yang sudah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan penggilingan (*blender*), diayak sampai diperoleh sampel dalam bentuk serbuk menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh. Kemudian panaskan serbuk yang sudah diayak menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 15 menit (Fachry *et al.*, 2013).

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air menggunakan alat pengukur kadar air (*Moisture Balance*). Sebanyak 5 g sampel ditentukan kadar airnya pada suhu 105°C selama 15 menit (Agoes *et al.*, 2007).

Pengawetan Limbah Cair

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_{3(p)} 69% sampai pH kurang dari 2 dengan waktu penyimpanan maksimal 6 bulan (SNI-2004).

Destruksi Limbah Cair Laboratorium Farmasi

20 mL limbah cair yang sudah dikocok hingga homogen dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 5 mL HNO_{3(p)} 69% dan dipanaskan sampai larutan contoh uji jernih. Tambahkan 50 mL *aquadest*, masukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian tambahkan *aquadest* hingga tanda batas (SNI-2004).

Persiapan Larutan Baku Kerja

1. Pembuatan Larutan Baku Kerja Logam Seng (Zn)

Pipet 10 mL larutan standar induk *Zinc* 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, tambahkan *aquadest* sampai tepat tanda batas (100 ppm).

Dari larutan standar 100 ppm, dipipet 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL; 0,8 mL; 1 mL, kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing labu ukur 10 mL. Tambahkan *aquadest* sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi diperoleh konsentrasi logam tembaga 2,0 ppm; 4,0 ppm; 6,0 ppm; 8,0 ppm; 10,0 ppm.

Prosedur Kurva Kalibrasi

Alat SSA dioptimalkan sesuai petunjuk penggunaan alat. Kemudian diukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 213.9 nm untuk logam seng (*AA-7000 Cook Book: 48*), dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran larutan baku kerja yang sudah dipersiapkan.

Pengukuran Kadar Zn pada Limbah Cair Laboratorium Farmasi dengan Alat SSA

Sampel limbah yang sudah dipreparasi diukur kadar awal logam pada panjang gelombang maksimum dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali (Arlofa *et al.*, 2017).

Optimasi pH, Waktu Kontak dan Massa Serbuk Kulit Buah Sukun Terhadap Penyerapan Ion Logam Zn²⁺ dengan Aplikasi Design Expert

Penentuan pH optimum, waktu kontak optimum dan massa optimum dilakukan menggunakan desain Uji Faktorial dengan aplikasi *Design Expert*. Variasi pH yang digunakan pada pH yang digunakan pada penyerapan logam Zn yaitu 4, 5, 6, 7, 8 dengan waktu kontak adsorben yaitu 45, 60, 75, 90, 105 menit dan massa 100, 150, 200, 250 dan 300 mg. Pada masing-masing faktor digunakan variasi level terendah dan tertinggi, sehingga diperoleh 8 variasi/kombinasi percobaan untuk masing-masing logam. Logam Zn digunakan pH 4 dan 8, waktu kontak 45 dan 105 menit, serta massa 25 dan 125 mg.

Masing-masing kombinasi diuji dengan alat AAS pada panjang gelombang maksimum dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

Setelah didapatkan hasil data pengujian, kemudian data diolah Kembali dan dicatat hasil optimasi pH, waktu kontak dan massa yang didapatkan dari hasil pengolahan aplikasi *Design Expert*.

Verifikasi Hasil Optimasi

Setelah program *Design Expert* memberikan solusi proses dan formula optimum, selanjutnya dilakukan pengujian yang direkomendasikan tersebut. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai aktual setiap respon dari proses dan formula yang direkomendasikan (verifikasi). Tahap verifikasi bertujuan untuk melakukan pembuktian terhadap prediksi dari nilai respon proses hasil optimasi yang diberikan oleh program *Design Expert*. Nilai respon aktual yang didapatkan dari tahapan verifikasi dibandingkan dengan prediksi respon yang dihasilkan oleh program *Design Expert*.

Verifikasi Metode Uji dengan Perolehan Kembali

1. Parameter Akurasi (kecermatan)

Diambil 2 mL dari larutan limbah cair yang sudah dipreparasi, kemudian diencerkan dengan *aquadest* ke dalam labu ukur 10 mL dengan larutan pengencer hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Selanjutnya diambil 2 mL dari larutan limbah cair yang sudah dipreparasi, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL. Pada masing-masing labu diisi dengan tiga level konsentrasi yaitu 1 ppm, 3 ppm, dan

5 ppm dengan penambahan larutan baku 10 ppm sebesar 1 mL, 3 mL, dan 5 mL, lalu semua larutan diencerkan dengan *aquadest* hingga tanda batas. Ketiga level konsentrasi dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan replikasi sebanyak tiga kali. Akurasi dilihat dari nilai persen akurasi yang baik pada SNI (2004) yaitu dalam rentang 85% sampai dengan 115%.

$$\% \text{Akurasi} = \frac{A-B}{C} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

- A = kadar terukur logam dalam sampel setelah adisi baku
- B = kadar terukur logam dalam sampel sebelum adisi baku
- C = kadar larutan baku yang ditambahkan pada sampel

2. Parameter Presisi (keseksamaan)

Diambil 5 mL dari larutan limbah cair yang sudah dipreparasi, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan diadisi dengan penambahan larutan baku 10 ppm sebesar 7,5 mL sehingga diperoleh konsentrasi larutan 3 ppm, lalu larutan diencerkan dengan *aquadest* hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan replikasi sebanyak tujuh kali. Untuk parameter presisi ditentukan dari nilai standar deviasi relatif (%RSD) menggunakan rumus berdasarkan Riyanto (2014). Syarat %RSD yang ditentukan oleh BPOM adalah $\leq 2\%$.

$$\% \text{RSD} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

- $\bar{X}$ = Kadar sampel rata-rata ($\mu\text{g/ml}$).
- SD = Standar deviasi

Analisis Data

1. Metode Kurva Standar

Persamaan regresi linear dibuat berdasarkan data absorbansi dan konsentrasi dari larutan standar. Kadar ion logam Cu dan logam Zn dalam sampel sebelum dan sesudah pemberian adsorben dapat dihitung dengan bantuan persamaan kurva baku, yaitu :

$$Y = bX + a \quad (3)$$

Dimana:

- Y = Absorben
- X = Konsentrasi
- a = Intercept

b = Slope

(Mawardi, 2015)

2. Efektivitas Adsorpsi Logam Cu dan Logam Zn

Efektivitas adsorpsi logam Cu dan Logam Zn pada serbuk kulit buah sukun, dimana dapat dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan (E_f) yang diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

- Y_i = kandungan logam berat awal pada limbah (ppm)
- Y_f = kandungan logam berat yang tersisa (ppm)

(Hajar, 2016)

Kinetika Adsorpsi

Setelah mendapatkan hasil pH, waktu kontak dan massa optimum, dari data tersebut dilakukan pengujian pada pH optimum dengan 3 variasi waktu (waktu optimum dijadikan nilai tengah pada percobaan), pada masing-masing waktu tersebut diuji dengan 3 variasi massa (massa optimum dijadikan nilai tengah pada percobaan).

Kinetika adsorpsi didasarkan pada kinetika orde nol, orde satu dan orde dua, yaitu sebagai berikut (Hidayati, 2013):

a) Orde Nol

Persamaan linear orde reaksi nol dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$C_A = -kt + C_A^0 \quad (5)$$

Dimana :

- C_A = Konsentrasi adsorpsi
- K = Tetapan laju eliminasi
- C_A^0 = Konsentrasi adsorpsi padawaktu sama dengan 0
- T = Waktu adsorpsi

b) Orde Satu

Persamaan linear orde reaksi satu dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$\ln C_A = -kt + \ln C_A^0 \quad (6)$$

Dimana :

- $\ln C_A$ = Konsentrasi adsorpsi
- K = Tetapan laju eliminasi
- $\ln C_A^0$ = Konsentrasi adsorpsi pada waktu sama dengan 0
- T = Waktu adsorpsi

c) Orde Dua

Persamaan linear orde reaksi dua dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \quad (7)$$

Dimana :

C_A = Konsentrasi adsorpsi

K = Tetapan laju eliminasi

C_{A^0} = Konsentrasi adsorpsi pada waktu sama dengan 0

T = Waktu adsorpsi

HASIL & PEMBAHASAN

Determinasi Tanaman

Determinasi tanaman dilakukan di Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Departemen Biologi, FMIPA UNPAD. Berdasarkan lembar identifikasi tanaman No.25/HB/01/2023 menunjukan bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini benar adalah buah sukun (*Artocarpus atilis*).

Pembuatan Serbuk Kulit Buah Sukun

Sampel kulit buah sukun yang telah dibersihkan dipotong-potong sampai ukuran ± 3 cm dan dilakukan pengeringan dengan sinar matahari selama 1 hari, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kulit Buah Sukun Kering

Kemudian kulit buah sukun yang sudah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan penggilingan (*blender*), diayak sampai diperoleh sampel dalam bentuk serbuk menggunakan *mesh* dengan ukuran 100 mesh (Gambar 2). Kemudian keringkan serbuk yang sudah diayak menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 15 menit (Fachry *et al.*, 2013).



Gambar 2. Proses Pengayakan Serbuk Kulit Buah Sukun

Pengujian Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh pada masa simpan bahan. Jika kadar air tinggi dapat menyebabkan kerentanan terhadap aktivitas mikroba, sehingga dilakukan pengeringan bahan sampai batas kadar air tertentu (Belitz *et al.*, 2009).



Gambar 3. Proses Pengujian Kadar Air Menggunakan Moisture Balance

Didapatkan hasil kadar air serbuk kulit buah sukun sebesar 2,7%. Berdasarkan literatur bahwa kadar air kulit buah sukun ini memenuhi syarat.

Syarat : $< 5\%$ (Agoes *et al.*, 2007).

Pengawetan Limbah Cair

Limbah diawetkan dengan penambahan $\text{HNO}_{3(p)}$ 69% sampai pH kurang dari 2 (SNI-2004). Tujuan dilakukannya pengawetan limbah cair pada proses ini yaitu untuk menurunkan $\text{pH} < 2$. Pada $\text{pH} < 2$, dapat meminimalisir pengendapan, adsorpsi ke dinding wadah dan degradasi mikroba diminimalkan. (AR Kumar *et al.*, 2007).

Persiapan Larutan Limbah Cair

20 mL limbah cair yang sudah diawetkan, kemudian dilakukan destruksi dengan menambahkan $\text{HNO}_{3(p)}$ 69% sebanyak 5 mL dan dipanaskan sampai larutan jernih. Tujuan ditambahkan asam tersebut sebagai zat pengoksidasi untuk mengubah ion logam menjadi garam nitratnya, yang sangat larut dan juga untuk menghancurkan matriks yang mengganggu selama atomisasi (Rusnawati *et al.*, 2018).

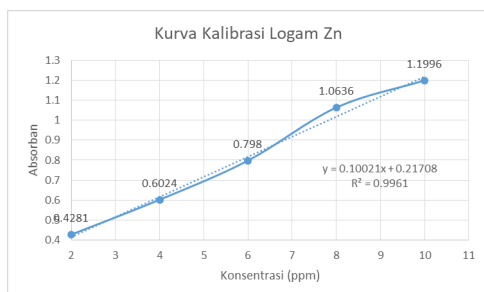
Kurva Kalibrasi

1. Kurva Kalibrasi Logam Seng (Zn)

Larutan standar yang telah dibuat, dilakukan pengujian dengan alat AAS pada λ : 213,9 nm.

Tabel 1. Data Absorbansi Kurva Baku Logam Zn

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
2	0.4281
4	0.6024
6	0.798
8	1.0636
10	1.1996

**Gambar 4.** Kurva Kalibrasi Standar Logam Zn

Dari data di atas diperoleh persamaan regresi linier untuk larutan baku timbal yaitu $y = 0,10021x + 0,21708$ dengan koefisien relasi (r) adalah 0,9961.

Apabila nilai r di antara 0,90 – 0,95 maka kurva dikatakan cukup linier, jika nilai r berada di antara 0,95 – 0,99 maka kurva dikatakan baik. Dari data diatas, nilai kurva kalibrasi logam tembaga dan seng tersebut memberikan nilai linieritas yang baik. Selain itu, harga koefisien korelasi tersebut menandakan bahwa garis yang terbentuk hampir lurus sehingga dapat dikatakan bahwa kurva membentuk hubungan linier yang ideal dan penetapan kadar dengan kurva kalibrasi terjamin kebenarannya (Fatmawati, 2017).

Pengukuran Kadar Zn pada Limbah Cair Laboratorium Farmasi dengan Alat SSA

a) Logam Seng (Zn)

Pada pengujian didapatkan konsentrasi awal logam zink (Zn) pada limbah cair sebesar 11,6238 ppm.

Optimasi pH, Waktu Kontak dan Massa Serbuk Kulit Buah Sukun Terhadap Penyerapan Ion Logam Zn^{2+} dengan Aplikasi Design Expert

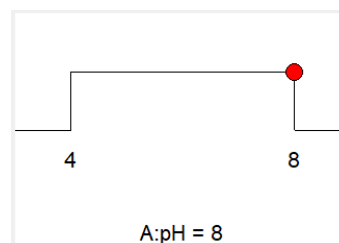
Pada aplikasi *Design Expert*, dimasukkan hasil uji dari masing-masing 2 variasi pH, waktu kontak dan massa, kemudian dilakukan pengolahan data untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh pada pengujian.

1. Logam Seng (Zn)

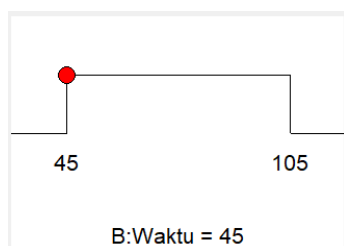
Tabel 2. Anova Penyerapan Logam Zn Pada Aplikasi Design Expert

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	190,24	3	63,41	4780,25	< 0,0001	Significant
B-Waktu	186,3	1	186,3	14043,88	< 0,0001	
C-Massa	1,92	1	1,92	144,55	0,0003	
AB	2,02	1	2,02	152,33	0,0002	
Residual	0,053	4	0,013			
Cor Total	190,29	7				

Nilai “Prob > F” kurang dari 0,0500 menunjukkan model yang dipakai signifikan. Jika nilai F yang lebih besar dari 0,1000 menunjukkan faktor yang tidak signifikan. Dalam hal ini A : 0,0001 (pH), B : 0,0003 (waktu), AB : 0,0002 (pH dan waktu) adalah faktor-faktor yang signifikan. Dilihat dari nilai F bahwa A (pH) dan B (waktu) merupakan faktor yang lebih berpengaruh pada pengujian ini.

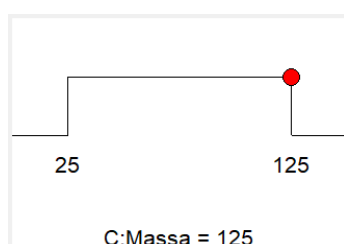
**Gambar 4.** Hasil Optimasi pH pada Penyerapan Logam Zn

Hasil analisis menunjukkan bahwa pH 8 merupakan penyerapan optimal logam Zn oleh serbuk kulit buah sukun. Pada suasana asam penyerapan ion logam menurun karena dipengaruhi oleh kehadiran ion H^+ berlebihan yang reaktif dan mengakibatkan persaingan penyerapan antara ion H^+ dan Zn^{2+} dipermukaan. Penyerapan logam Zn terjadi pada suasana basa karena terbentuknya endapan seng hidroksida $Zn(OH)_2$ yang mudah diserap oleh adsorben terbentuk bersamaan dengan peningkatan pH (Fatma *et al.*, 2007).



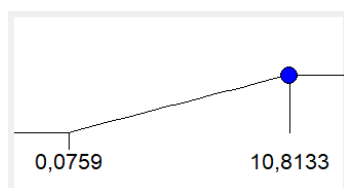
Gambar 6. Hasil Optimasi Waktu Kontak pada Penyerapan Logam Zn

Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu kontak yang dibutuhkan yaitu 45 menit, jika waktu penyerapan logam lebih dari 45 menit akan mengalami desorpsi yaitu pelepasan kembali ion logam yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Wakansi, 2005).



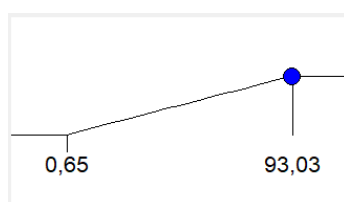
Gambar 7. Hasil Optimasi Massa pada Penyerapan Logam Zn

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin meningkat dosis serbuk yang digunakan, maka semakin besar pula luas bidang kontakannya (Mulyono dan Wibisono, 2007).



Gambar 85. Kadar Maksimum pada Penyerapan Logam Zn

Hasil analisis menunjukkan kadar maksimum penyerapan logam Zn sebesar 10,8133 ppm.



Gambar 9. % Efektivitas Tertinggi pada Penyerapan Logam Zn

Analisis dilakukan pada pH 8, waktu kontak 45 menit dan massa 125 mg, didapatkan % efektivitas penyerapan tertinggi pada penyerapan logam Zn sebesar 93,03%.

Hasil optimasi di atas pada aplikasi *Design Expert* memiliki nilai *Desirability* 0,996. Titik optimum yang baik memiliki nilai *Desirability* yang tinggi atau mendekati 1, karena menunjukkan semakin tingginya kesesuaian proses optimasi yang optimal dengan variabel respon yang sesuai dan menunjukkan nilai ketepatan optimasi.

Verifikasi Hasil Optimasi

Setelah didapatkan hasil optimum dari aplikasi *Design Expert*, dilakukan pengujian ulang dengan pH, waktu kontak dan massa optimum yang dihasilkan.

a) Logam Seng (Zn)

Tabel 3. Data Hasil Pemastian Optimum Penyerapan Logam Zn

Kadar Awal	Pengujian	Kadar Terserap	%E _f
11.6238	pH 8_45min_125mg_1	0,6562	94,35
	pH 8_45min_125mg_2	0,6612	94,31
	pH 8_45min_125mg_3	0,6724	94,22
Rata-rata			94,29

Dari hasil pengujian di atas, didapatkan % efektivitas untuk penyerapan logam Zn sebesar 94,29%.

Verifikasi Metode Uji dengan Perolehan Kembali

1. Parameter Akurasi (kecermatan)

Akurasi adalah ukuran yang menunjukan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan (Gandjar, 2007).

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Logam Zn

Konsentrasi Standar (ppm)	Standar Adisi (2ml Limbah)	% Akurasi
0	5,5645	
1	6,5537	98,920
1	6,5645	100,000
1	6,5447	98,020
3	8,5754	100,363
3	8,5694	100,163
3	8,5904	100,863

5	10,5303	99,316
5	10,5984	100,678
5	10,5503	99,716

Nilai akurasi yang baik yaitu dalam rentang 85% sampai dengan 115% (SNI-2004). Dilihat dari hasil uji nilai akurasi logam Zn memenuhi syarat.

2. Parameter Presisi (keseksamaan)

Presisi adalah ukuran kedekatan hasil analisis diperoleh dari serangkaian pengukuran ulangan dari ukuran yang sama. Hal ini mencerminkan kesalahan acak yang terjadi dalam sebuah metode (Riyanto, 2014).

Tabel 5. Hasil Pengujian Presisi Logam Zn

Pengulangan	Konsentrasi (ppm)
1	8,6313
2	8,6313
3	8,6483

4	8,6183
5	8,6313
6	8,6213
7	8,6113
Rata-rata	8,6276
SD	0,0120
%RSD	0,14

Nilai presisi yang baik dapat dilihat dari nilai % RSD yaitu : $\leq 2\%$ (SNI-2004). Berdasarkan hasil uji presisi logam Zn memenuhi syarat.

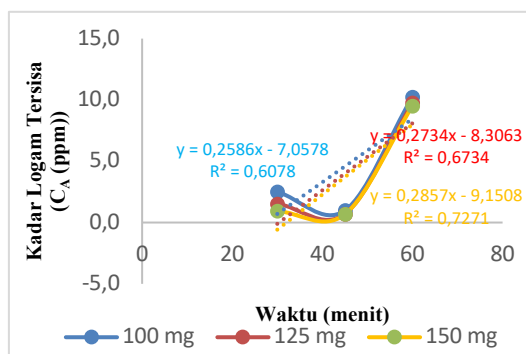
Kinetika Adsorpsi

Tabel 6. Kinetika Adsorpsi Logam Zn

Massa (mg)	Waktu (menit)	Kadar Logam Awal C_{A0} (ppm)	Kadar Logam Tersisa C_A (ppm)	Kadar Logam Tersisa $\ln(C_{A0}/C_A)$ (ppm)	Kadar Logam Tersisa $1/C_A$ (ppm)
100	30	11,6238	2,5000	1,5368	0,4000
100	45	11,6238	0,9821	2,4711	1,0182
100	60	11,6238	10,2587	0,1249	0,0975
125	30	11,6238	1,5430	2,0193	0,6481
125	45	11,6238	0,6977	2,8130	1,4333
125	60	11,6238	9,7437	0,1764	0,1026
150	30	11,6238	0,9362	2,5190	1,0681
150	45	11,6238	0,6738	2,8479	1,4841
150	60	11,6238	9,5072	0,2010	0,1052

1) Orde Nol

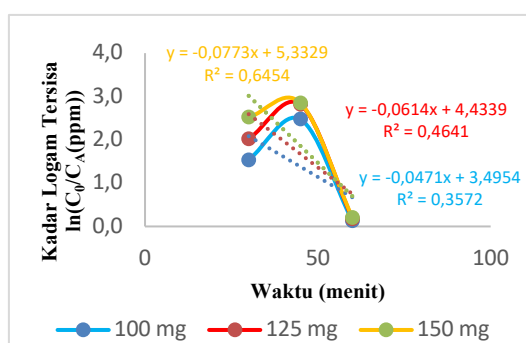
Penentuan kinetika adsorpsi pada orde 0 dilakukan dengan regresi linier menggunakan persamaan (5). Regresi linier orde 0 kinetika adsorpsi logam Zn dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 106. Grafik Hubungan Antara C_A (Kadar logam Tersisa) Terhadap Waktu Pada Logam Zn

2) Orde Satu

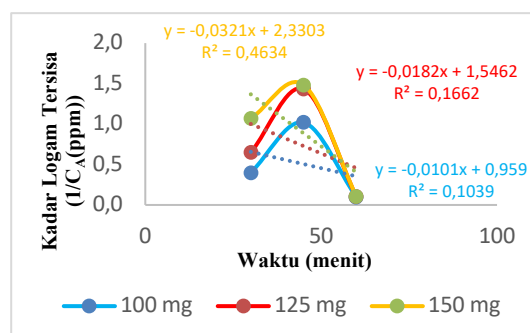
Penentuan kinetika adsorpsi pada orde 1 dilakukan dengan regresi linier menggunakan persamaan (6). Regresi linier orde 1 kinetika adsorpsi logam Zn dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara $\ln(C_0/C_A)$ (Kadar logam Tersisa) Terhadap Waktu Pada Logam Zn

3) Orde Dua

Penentuan kinetika adsorpsi pada orde 2 dilakukan dengan regresi linier menggunakan persamaan (7). Regresi linier orde 2 kinetika adsorpsi logam Zn dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara $1/C_A$ (Kadar logam Tersisa) Terhadap Waktu Pada Logam Zn

Nilai R^2 (koefisien korelasi) dan k (konstanta laju adsorpsi) berdasarkan kinetika adsorpsi orde 0, 1 dan 2 pada logam Zn yang dihasilkan dari persamaan regresi linier dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai R^2 dan k Kinetika Adsorpsi Logam Zn

Masa (mg)	Orde 0		Orde 1		Orde 2	
	R^2	k (menit ⁻¹)	R^2	k (menit ⁻¹)	R^2	k (menit ⁻¹)
100	0,6078	0,2586	0,3572	-0,0471	0,1039	-0,0101
125	0,6734	0,2734	0,4641	-0,0614	0,1662	-0,0182
150	0,7271	0,2857	0,6454	-0,0773	0,4634	-0,0321

Pada Tabel 7, dapat ditentukan bahwa kinetika adsorpsi yang tepat digunakan pada adsorpsi logam Zn dengan adsorben kulit buah sukun pada 100 mg yaitu kinetika adsorpsi orde 0 dengan nilai $R^2 = 0,2586$ dan $k = -0,0076$ menit⁻¹, pada 125 mg yaitu kinetika adsorpsi orde 0 dengan nilai $R^2 = 0,0283$ dan $k = -0,0006$ menit⁻¹ dan pada 150 mg yaitu kinetika adsorpsi orde 0 dengan nilai $R^2 = 0,4991$ dan $k = -0,0029$ menit⁻¹.

Pemilihan orde masing-masing kinetika adsorpsi tersebut didasarkan pada nilai koefisien korelasi tertinggi, dimana semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka kelinieritasan kurva berdasarkan persamaan regresi linier masing-masing orde akan lebih mudah tercapai (Erna *et al.*, 2016).

Suatu reaksi dikatakan mempunyai orde nol jika besarnya laju reaksi tidak dipengaruhi oleh berapapun perubahan konsentrasi pereaksinya. Artinya sebarang peningkatan konsentrasi pereaksi tidak akan mempengaruhi besarnya laju reaksi (Hidayati, 2013).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu serbuk kulit buah sukun dapat digunakan sebagai adsorben untuk logam Zn. Untuk penyerapan logam seng (Zn) dapat dilakukan dengan optimum pada pH 8, waktu kontak 45 menit dan dengan massa 125 mg.

Efektivitas adsorben kulit buah sukun pada pH 8, waktu kontak 45 menit dan massa 125 mg pada penyerapan logam Zn sebesar 94,29%. Kinetika adsorpsi penyerapan logam Zn pada 100, 125 dan 150 mg mengikuti model kinetika orde 0.

SARAN

Adapun saran dari saya untuk penelitian ini adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik serbuk kulit buah sukun dengan pengukuran spektrum FTIR untuk menunjukkan kelompok gugus fungsi.
2. Dapat dilakukan penelitian lanjutan mengenai potensi karbon aktif kulit buah sukun terhadap penyerapan logam pada limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

A Ramesh Kumar, P Riyazuddin. 2007. *Non-chromatographic hydride generation*

atomic spectrometric techniques for the speciation analysis of arsenic, antimony, selenium, and tellurium in water samples—a review: International Journal of Environmental and Analytical Chemistry. 87(7), 469-500

Agoes, G., Darijanto, S. T., & Purwantini, E. 2007. *Teknologi Bahan Alam*. Bandung, Indonesia: Institut Teknologi Bandung.

Al-Qunaibit M.H., Mekhemer W.K. and Zaghloul A.A. 2005. *The adsorption of Cu (II) ions on bentonite-a kinetic : Journal of colloid and interface science.* 283(2):316-321.

Annadurai, G., Juang, R., & Lee, D. 2003. *Adsorption of Heavy Metals from Waster Using Banana and Orange Peels.* Water Science & Technology. 47(1): 185-190.

Belitz, H.D., Grosch, W. & Schieberle, P. 2009. *Springer Food Chemisrty 4th revised and extended edition. Annual Review Biochemistry.* 79: 655-681.

Bilal M., Shah J.A., Ashfaq T.G., Syed Mubashar T., Adnan A., Pervez A., Haroon, and Mahmood Q. 2013. *Waste biomass adsorbents for copper removal from industrial waste water – A review: Journal of Hazardous Materials.* pp. 322-333.

Erna Wati Ibnu Hajar, Reny Suryani Sitorus, Novi Mulianingtias, Fransiska Jawa Welan. 2016. *Efektivitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam: Teknik Kimia.* Universitas Mulawarman. 5(1): 1-7.

Fachry A.R., Astuti P., dan Puspitasari T.G. 2013. *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi : Jurnal Teknik Kimia.* 19(1):60-69.

Fatma, Sri Mulya Sari & Addy Rahmat. 2007. *Penyerapan Ion Logam Zn (II) Menggunakan Batubara Lignit Asal Tanjung Enim Sumatera Selatan.* FMIPA UNSRI. 10(1):185-189.

Gandjar, I.G. dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis.* Yogyakarta : Pustaka Pelajar. Hal. 419-425.

Hajar E, WI Sitorus R.S., Mulianigtias N., Welan F.J. 2016. *Efektivitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam: Konversi.* 5(1):1-7.

Hidayati, B., Sunarno dan Yenti, S. R, 2013. *Studi Kinetika Logam Cu²⁺ dengan menggunakan Adsorben Zeolit Alam*

- Teraktivasi. Jurnal Laboratorium Dasar-dasar Proses dan Operasi Pabrik.
- Hossain, M. A., Ngo, H. Hao, W. S. Guo and Nguyen, T. V. 2012. *Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent*. Int. J. of GEOMATE, 2(2): 227-234
- Mawardi, Sanjaya H., Zainul R. 2015. *Characterization of Napa Soil and Adsorption Of Pb(II) from Aqueous Solution Using On Column Method: Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(12):901-912.
- Mulyono, P dan Wibisono. 2007. Kinetika Adsorpsi Amoniak dalam Air dengan Karbon Aktif. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.
- B. Nguyen, T.A.H., H.H. Ngo, W.S. Guo, J. Zhang, S. Liang, Q.Y. Yue, T.V. Nguyen. 2013. Penerapan Limbah Pertanian Dan Produk Sampingan Untuk Menghilangkan Logam Berat Secara Adsorptif Dari Air Limbah Bioresour. Technol. Hal. 148.
- Nina Arlofa¹, Ismiyati, Muhammad Kosasih, Nurul H. Fitriyah. 2019. Effectiveness of Durian Peel Extract as A Natural Anti-Bacterial Agent: Departement of Chemical Engineering, Faculty of Engineering. Universitas Serang Raya. 14(2): 163-170.
- Odeh L., Khamis M., Khatib M., Qurie M., Shakhser Z., and Qutob M. 2015. *Hexavalent Chromium Removal and Reduction to Cr (III) by PolystyreneTris(2aminoethyl) amine: A erican Journal of Analytical Chemistry*. 6(1):26-37.
- Pratama, D. A. 2017. Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe dan Cu Pada Air Sungai Mahakam: Jurnal Integrasi Proses. 6(3).
- Pratiwi, D. (2011). Pemanfaatan Sirup Glukosa Hasil Hidrolisa Selulosa dari Kulit Buah Sukun (*Artocarpus Altilis*) Dengan HCl 30% untuk Pembuatan Manisan Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.) dengan Variasi Konsentrasi. Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Priyantha, N., Lim L. B. L., Tennakoon D. T. B., and Mansor N. H. M. 2013. *Breadfruit (Artocarpus Altilis) Waste for Bioremediation of Cu (II) and Cd (II) Ions from Aqueous Medium: Ceylon Journal of Science (Physical Sciences)*. 17(1):19-29.
- C. Riyanto, A. Maddu dan N. 2013. Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna. JPHPI. 16(2).
- Riyanto. 2014. Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/ IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. Yogyakarta: Deepublish.
- Rusnawati, Y.B., & Alimuddin. 2018. Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering terhadap Analisis Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanaman Rumput Bebek (*Lemna minor*): Kimia FMIPA Universitas Mulawarman. Hal. 73–76.
- D. Sellaoui, T. Depci, A.R. Kul, S. Knani, A.B. Lamine. 2016. Sebuah Model Fisika Statistik Baru Untuk Menafsirkan Isoterm Adsorpsi Biner Timbal Dan Seng Pada Karbon Aktif. J. Mol. Liq. Hal. 220 - 230.
- SNI 06-6989.6-2004. Air dan Air Limbah-Bagian 6 : Cara Uji Tembaga (Cu) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Badan Standarisasi Nasional: Bandung. Hal. 1-4.
- SNI 06-6989.7-2004. Air dan Air Limbah-Bagian 6 : Cara Uji Seng (Zn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Badan Standarisasi Nasional: Bandung. Hal. 1-4.
- Tong X. J., Li J. Y., Yuan J. H., and Xu, R. K. 2011. *Adsorption of Cu (II) by biochars generated from three crop straws: Chemical Engineering Journal*. 172(2-3):828-834.
- Vogel. 1990. Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka. 5(2).
- Wankasi, D., Horsfall, M. Jnr and Spiff, A. I. 2005. Desorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ from Nipa Palm (*Nypa Fruticans* Wurmb) Biomass. Department of Pure and Applied Chemistry, Faculty of Science, Niger Delta University. African Jurnal of Biotechnology. 4(9): 923- 927.
- Widhiati, I. A. G., Suastuti, N. G. A. M. D. A., dan Nirmalasari, M. A. Y. 2012. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*). Jurnal Kimia. 6(1): 8-16.
- Yati Supriati. 2010. Teknologi Pengolahan Tepung Sukun dan Pemanfaatannya untuk Berbagai Produk Olaha. Balai Pnelitian Pasca Panen. 5(2): 227-228.