

## Penentuan Daya Adsorpsi Kulit Buah Naga Merah (*hylocereus polyhizus*) Sebagai Adsorben Logam Berat Pb

Nina Arlofa<sup>1,\*</sup>, Irfan Suwandi<sup>2</sup>, Roiza Haitami<sup>3</sup>, Winda Ariska<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Serang, Jl. Raya Serang-Cilegon Km. 5 (Taman Drangong) Serang – Banten. Kode pos 421116

<sup>2</sup>Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Serang, Jl. Raya Serang-Cilegon Km. 5 (Taman Drangong) Serang – Banten. Kode pos 421116

<sup>3</sup>Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Serang, Jl. Raya Serang-Cilegon Km. 5 (Taman Drangong) Serang – Banten. Kode pos 421116

<sup>4</sup>Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Serang, Jl. Raya Serang-Cilegon Km. 5 (Taman Drangong) Serang – Banten. Kode pos 421116

[\\*nina73arlofa@gmail.com](mailto:nina73arlofa@gmail.com)

### ABSTRAK

Keberadaan buah naga merah sangat melimpah dan mudah ditemukan di Indonesia. Kebanyakan masyarakat hanya mengonsumsi dagingnya saja dan kulitnya menjadi limbah. Kulit buah naga merah merupakan salah satu sumber bahan organik yang menunjukkan bahwa bahan tersebut mengandung lignin, hemiselulosa, selulosa, karbohidrat, dan protein. Kandungan tersebut mengandung hidroksil dan karboksil yang dapat mengikat polutan seperti ion logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan kulit buah naga merah sebagai adsorben logam berat timbal (Pb). Metode penelitian yang digunakan yaitu Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan analisis persamaan adsorpsi logam berat oleh kulit buah naga kering ditentukan dengan menggunakan isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Dari hasil penelitian yang diperoleh kulit buah naga merah mengikuti isothermal adsorpsi Langmuir yang menunjukkan kapasitas adsorben dengan nilai  $a$  logam berat Pb 0,2992 mg/g dan nilai  $b$  logam berat Pb 5,332 mg/g dan untuk isothermal adsorpsi Freundlich didapat nilai  $K$  logam berat Pb 1,7298 dan nilai  $n$  logam berat Pb 0,6231 mg/g

**Kata kunci:** Adsorpsi, kulit buah naga merah, logam Pb.

### ABSTRACT

*Red dragon fruit is very abundant and easy to find in Indonesia. Most people only consume the flesh of fruit and the peel becomes waste. Red dragon fruit peel is a source of organic material which shown by the contains of lignin, hemicellulose, cellulose, carbohydrates, and protein. This content contains hydroxyl and carboxyl that can bind pollutants such as heavy metal ions. This research aims to analyze the use of red dragon fruit peel as an adsorbent for the heavy metal lead (Pb). The research method used was the Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA) with analysis of the adsorption equation for heavy metals by dry dragon fruit peel determined using Langmuir and Freundlich adsorption isothermals. From the research results obtained, red dragon fruit peel follows Langmuir isothermal adsorption which shows an adsorbent capacity with a  $a$  value of heavy metal Pb of 0.2992 mg/g and the value of  $b$  of heavy metal Pb of 5.332 mg/g and for Freundlich isothermal adsorption the  $K$  value of heavy metal Pb is obtained. 1.7298 and the  $n$  value of the heavy metal Pb 0.6231 mg/g*

**Keywords:** terdiri dari 3-5 kata

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri di berbagai sektor dapat mengakibatkan peningkatan volume limbah, yang pada gilirannya dapat mencemari lingkungan. Limbah ini seringkali mengandung zat beracun dan berbahaya, seperti logam berat. Kehadiran konsentrasi logam berat yang melampaui batas tertentu dalam limbah yang dibuang ke perairan perlu diperhatikan karena sifat beracunnya. Pembuangan limbah tanpa pengolahan atau pengolahan yang kurang maksimal sebelumnya dapat berdampak pada pencemaran lingkungan, termasuk perubahan warna, bau, dan rasa air. Pencemaran lingkungan juga memiliki dampak negatif terhadap organisme, baik itu tumbuhan, hewan, maupun manusia (Putra JA., 2006).

Logam berat yang berpotensi berbahaya dalam lingkungan perairan mencakup antimon (Sb), arsenik (As), berilium (Be), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), selenium (Se), kobalt (Co), dan seng (Zn) (Handayani, 2010). Dampak negatif dari toksisitas timbal (Pb) termasuk efek teratogenik. Kondisi yang berbahaya terjadi ketika logam berat Pb terlarut dalam air laut, sedimen, atau kerang, karena hal ini dapat mengancam rantai makanan organisme laut. (Gusnita, D., 2012). Ketika ikan mengonsumsi logam berat Pb dan kemudian ikan tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka logam berat Pb dapat berpindah ke dalam tubuh manusia. (Usman et al., 2015).

Pencemaran air oleh logam berat menjadi masalah menghadirkan suatu tantangan dan biosorpsi dapat menjadi solusi dari masalah tersebut (Viera & Volesky, 2000).

Salah satu pilihan dalam mengatasi limbah yang mengandung logam berat adalah menggunakan bahan-bahan alami sebagai zat penyerap. (Sudarwin., 2008). Beberapa kriteria yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yang baik adalah sebagai berikut:

- 1) Memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi.
- 2) Berbentuk zat padat dengan luas permukaan yang luas.

- 3) Tidak dapat larut dalam zat yang akan diadsorpsi.

Adsorben tersebut diantaranya zeolit, alofan, kitin-khitosan, dan bahan-bahan alami lainnya seperti biosorben dari selulosa dan karbon aktif. (Hadi, N. A., M. Mohamad, M. A. K. Rohin & R. M. Yusof., 2016). Adsorben yang diperoleh dari bahan alami sering berasal dari berbagai bagian tumbuhan seperti daun, biji, bunga, batang, dan kulit buah. Salah satu jenis adsorben yang akan dimanfaatkan adalah kulit buah naga merah. (Syukur & W. Muda., 2015)

Serat yang ada di kulit buah naga merah bisa digunakan sebagai adsorben untuk logam berat Pb. Kulit buah naga merah adalah salah satu jenis limbah yang memiliki banyak gugus aktif. Komponen-komponen yang terdapat dalam kulit buah naga merah mengandung gugus -OH dan -COOH. Ini menandakan bahwa kulit buah naga merah memiliki potensi sebagai bahan adsorben untuk ion-ion logam berat. (Mallampati, 2013).

## 2. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu Ayakan 20 mesh, Crusher/Blender, Corong gelas, Erlenmeyer 100 ml, Labu ukur 250 ml, Pipet volume 25 ml, Neraca analitik, Magnetic stirrer, Kertas saring Whatman no. 42, Kertas pH, Sentrifuge, Oven, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Lampu Hollow katoda Pb.

Bahan yang digunakan yaitu kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*), aquades, larutan standar logam Timbal (Pb) 1000 mg/L, HNO<sub>3</sub> 0,1 M.

### Persiapan Biosorben Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

Kulit buah naga merah diiris menjadi potongan kecil, kemudian dicuci secara menyeluruh dengan air murni (akuades). Setelah dicuci, potongan kulit buah naga merah ditiriskan untuk menghilangkan kelebihan air, kemudian ditimbang beratnya sebagai berat awal. Kemudian, potongan kulit buah naga merah

dikeringkan di bawah sinar matahari selama sekitar satu hari, dan setelah itu dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 80 °C selama 8 jam. Setelah proses pengeringan selesai, kulit buah naga yang sudah kering dihaluskan dengan menggunakan blender, lalu disaring, dan akhirnya diukur beratnya sebagai berat kering.

### **Analisis Kulit Buah Naga Merah sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)**

Pembuatan larutan standar logam berat timbal (Pb)

Larutan Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 1000 ppm diambil sebanyak 10 ml kedalam labu 100 ml dan diencerkan dengan HNO<sub>3</sub> untuk mendapatkan konsentrasi 100 ppm yang akan dibuat larutan standar dengan seri konsentrasi 1, 2, 5, 10, 15, dan 25 ppm.

Pembuatan larutan uji logam berat timbal (Pb)

Larutan standar logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi 100 ppm masing-masing dibuat standar dengan konsentrasi 5, 10, dan 15 ppm.

### **Penentuan pH Optimum**

Adsorben (kulit buah naga) sebanyak 0,5 gram dimasukkan kedalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25 ml larutan Pb (II) dengan variasi pH 4, 5, 6, yang telah diatur pHnya dengan penambahan HNO<sub>3</sub> 0.1 M. Campuran kemudian diaduk selama 60 menit menggunakan magnetic stirrer, disentrifugasi dengan kecepatan 4140 rpm selama 10 menit dan disaring dengan Kertas saring Whatman no. 42. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA Graphite furnace. Hasil pH optimum yang di dapat selanjutnya akan di gunakan untuk menentukan variasi konsentrasi.

### **Penentuan konsentrasi optimum**

Sebanyak 0,5 gram adsorben (kulit buah naga) dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Kemudian, ke dalamnya ditambahkan 25 ml larutan Pb (II) dengan

pH yang optimal berdasarkan hasil uji sebelumnya, dengan tiga variasi konsentrasi yaitu 5, 10, dan 15 ppm. Campuran adsorben dan larutan Pb (II) dalam berbagai konsentrasi tersebut kemudian diaduk selama 60 menit menggunakan magnetic stirrer, lalu disentrifugasi dengan kecepatan 4140 rpm selama 10 menit dan disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 42. Kemudian, absorbansi filtrat diukur menggunakan SSA Graphite furnace. Hasil konsentrasi optimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi tertinggi yang dapat dihasilkan oleh biosorben terhadap logam Pb.

### **Analisis Data**

Data yang diambil dari spektrofotometer serapan atom digunakan untuk mengukur tingkat konsentrasi logam berat yang masih ada setelah proses adsorpsi menggunakan kulit buah naga. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan dua model isoterm, yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Isoterm Langmuir didasarkan pada kurva hubungan antara Ce terhadap Ce/(x/m) dan isoterm Freundlich didasarkan pada kurva hubungan antara log Ce terhadap log (x/m),

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

Keterangan :

Q<sub>e</sub> = Efektifitas adsorpsi (mg/g)

C<sub>0</sub> = Konsentrasi awal (mg/L)

C<sub>e</sub> = Konsentasi sisa (mg/L)

M = Massa adsorben (g)

V = Volume (L)

(Khopkar, S.M., 2007)

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, telah dilakukan eksperimen untuk menilai kemampuan kulit buah naga dalam menyerap larutan Timbal (Pb). Kulit buah naga pertamanya menjalani proses pengeringan, dengan mengeringkannya di bawah sinar matahari secara langsung dan juga pemanasan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 8 jam. Hasil dari proses pengeringan tersebut menghasilkan sekitar

100,67 gram serbuk kulit buah naga. Untuk setiap gram serbuk kulit buah naga yang diperoleh, diperlukan sekitar 31 gram kulit buah naga sebagai bahan awalnya.

Kemudian proses adsorpsi logam berat Pb dimana serbuk kulit buah naga ditambahkan larutan logam berat Pb (II) dengan variasi pH dan variasi konsentrasi, kemudian distirer selama 60 menit. Filtrat yang dihasilkan diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Tahap analisis adsorpsi logam berat Pb (II) dilakukan kalibrasi terhadap larutan standar seri dengan konsentrasi 1, 2, 5, 10, 15, dan 15

**Tabel 1.** Data Kalibrasi Larutan Seri Standar Pb

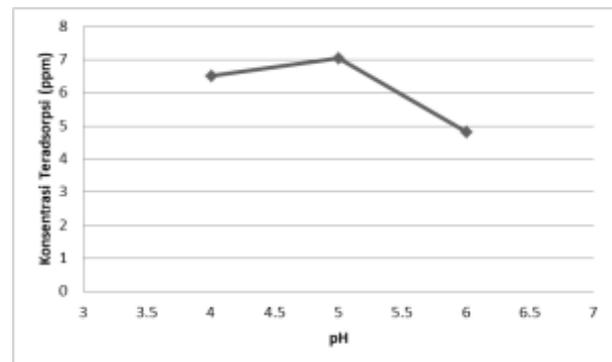
Larutan standard (std)	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
std 1	1	0.024
std 2	2	0.043
stda 3	5	0.099
std 4	10	0.187
std 5	25	0.434

Nilai absorbansi yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1. Dan didapatkan kurva kalibrasi larutan seri standar Pb untuk plot antara konsentrasi (ppm) dan adsorbansi dan menghasilkan persamaan linier  $y = bx + a$ . Dari persamaan linier larutan standar akan dihitung nilai adsorpsi logam berat Pb yang telah teradsorpsi oleh kulit buah naga, dimana dihasilkan konsentrasi sisa (Nilai Ce).

Kemudian dilakukan uji coba penentuan adsorpsi larutan Timbal (Pb) dengan bahan serbuk kulit buah naga dengan menggunakan 2 variabel uji yaitu penentuan pH optimum dan penentuan konsentrasi optimum.

### Penentuan pH Optimum

Pengaruh pH terhadap adsorpsi logam berat Pb dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Pengaruh pH terhadap adsorpsi logam Pb (II)

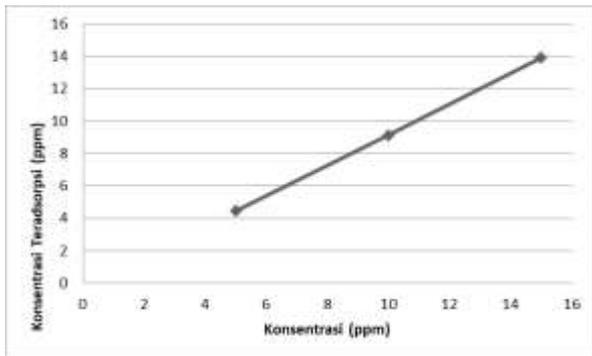
Pada penentuan pengaruh pH terhadap daya adsorpsi logam berat Timbal (Pb) dilakukan pada pH 4, 5, dan 6. Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis AAS diperoleh untuk penentuan pada pH 4 ke 5 mengalami peningkatan daya adsorpsi  $Pb^{2+}$ , hal ini disebabkan karena pengaruh pH larutan yang mempunyai kemampuan pada penyerapan adsorben yang berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben. Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral, pada gugus-gugus asam amino mengalami deprotonasi dan memiliki muatan negatif yaitu ion  $OH^-$  yang sangat reaktif terhadap logam, sehingga logam yang teradsorpsi makin besar. Kemudian pada pH 6 mengalami penurunan daya adsorpsi  $Pb^{2+}$ , hal ini disebabkan karena pada pH yang lebih tinggi terjadi penurunan efisiensi penyerapan yang diduga disebabkan oleh terbentuknya endapan  $Pb(OH)_2$  yang diakibatkan dari bertambahnya konsentrasi  $OH^-$  pada larutan seiring kenaikan pH. (Hernawati, N.A., R. Setiawan, Shintawati, & D. Priyandoko., 2018).

Tingkat pH juga memiliki potensi untuk memengaruhi keseimbangan kimia. Variasi pH dapat mempengaruhi kemungkinan terbentuknya ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pH terhadap kemampuan adsorpsi logam

berat Timbal (Pb) menunjukkan hasil yang paling optimal pada pH 5, dengan konsentrasi awal logam berat sebesar 10 ppm dan konsentrasi akhir logam tersebut sebesar 2,945, serta daya adsorpsi yang mencapai titik puncak sebesar 70,595%. Penelitian ini sangat sesuai dengan teori yang dinyatakan Bernasconi yaitu adsorpsi meningkat pada kondisi pH yang rendah (Bayuseno, A. P., Y. Umardani & D. Y. Pranoto, 2014).

**Penentuan Konsentrasi Optimum**

Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi logam berat Pb dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Pengaruh konsentrasi terhadap daya adsorpsi logam Pb(II).

Pada penentuan pengaruh konsentrasi terhadap daya adsorpsi logam berat Timbal (Pb), dilakukan pada pH optimum yaitu pH 5 dan dilanjutkan uji pada variasi konsentrasi 5, 10 dan 15 ppm. Pada variasi konsentrasi, konsentrasi larutan juga berpengaruh terhadap adsorpsi. Semakin tinggi suatu zat terlarut, maka semakin banyak pula zat terlarut yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan konsentrasi tertinggi yang didapat yaitu pada konsentrasi 15 ppm dengan daya adsorpsi sebesar 92.55%.

**Isoterm Adsorpsi**

Perubahan dalam konsentrasi adsorbat akibat proses adsorpsi, sesuai dengan mekanisme adsorpsinya, dapat dipelajari melalui analisis isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang umum digunakan adalah isoterm Langmuir dan Freundlich. Untuk menentukan model kesetimbangan yang paling sesuai dalam

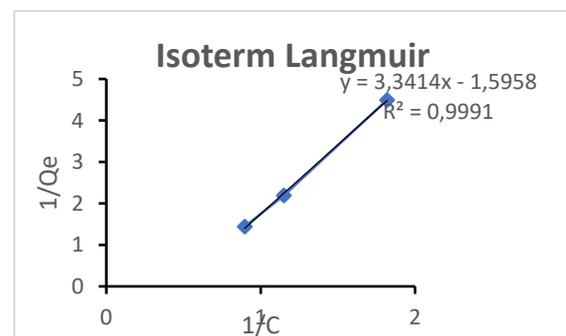
suatu penelitian, pengujian model kesetimbangan dilakukan, dengan penentuan model yang tepat didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) yang tinggi. (S Aini, HD Wahyudi., 2018)

Setiap adsorben dan adsorbat memiliki karakteristik kesetimbangan adsorpsi yang unik, yang tercermin dalam persamaan matematika yang menggambarkan kondisinya. Teori Langmuir, misalnya, menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang mampu menyerap satu molekul. Ikatan antara adsorben dan zat yang teradsorpsi dapat terjadi secara fisik atau kimia, namun harus cukup kuat untuk menjaga molekul yang teradsorpsi tetap berada di permukaan adsorben.

Untuk menentukan persamaan isotherm Langmuir maka dihitung harga 1/Ce terhadap 1/Qe, dari tabel 2 dilakukan pemetaan grafik menggunakan Excel. Hasil pemetaan dengan grafik seperti terlihat pada gambar 3

Tabel 2. Persamaan Langmuir

C=Pb akhir (ppm)	Pb teradsorpsi (ppm)	Qe (mg/g)	1/C	1/Qe
0.55	4.45	0.2225	1.8182	4.4944
0.87	9.13	0.4565	1.1494	2.1906
1.115	13.885	0.8969	0.8969	1.4404



Gambar 3 Persamaan Adsorpsi Isotherm Langmuir Dari 1/C Versus 1/ Qe

Jika situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben logam Pb belum jenuh dengan zat teradsorpsi maka dengan memperbesar konsentrasi logam Pb dan jumlah timbal yang teradsorpsi akan meningkat secara linear dengan memperoleh koefisien korelasi R<sup>2</sup> = 0,9991 dan y = 3,3414x - 1,5958. Logam berat yang

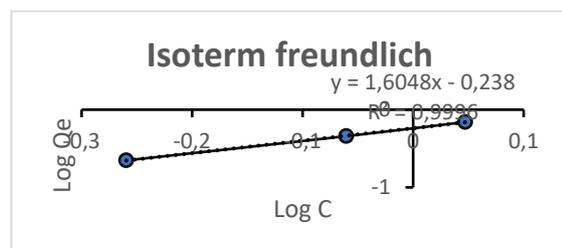
memiliki nilai daya serap iodium tertinggi yang digunakan untuk menyerap logam timbal cukup efektif karena  $R^2$  sudah mendekati satu. Kesimpulan dari percobaan ini bahwa kulit buah naga merah dapat diaplikasikan pada adsorpsi logam berat Pb.

Model isoteremis Freundlich merupakan pilihan yang lebih akurat untuk studi adsorpsi logam berat. Ini merupakan kelanjutan dari model isoteremis Langmuir dan lebih terkait dengan adsorpsi fisik. Persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich didasarkan pada pembentukan lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun, yang membedakan adsorpsi Freundlich adalah bahwa gugus-gugus aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen, tidak seragam seperti pada adsorpsi Langmuir. (Winahyu, D. A., R. C. Purnama & M. Y. Setiawati, 2019).

Untuk menentukan persamaan isotherm Freundlich maka dihitung harga Log Ce terhadap Log Qe, dari tabel 3 dilakukan pemetaan grafik menggunakan Excel. Hasil pemetaan dengan grafik seperti terlihat pada gambar 4.

Tabel 3. Persamaan Freundlich

Ce = Pb akhir (ppm)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
0.55	0.2225	-	-
0.87	0.4565	0.2596	0.6527
1.115	0.8969	0.0605	0.3406
		0.0473	-
			0.1585



Gambar 4 Persamaan Adsorpsi Isotherm Freundlich

Koefisien korelasi logam timbal diperoleh  $R^2 = 0,9996$ , maka dari bahasan diatas model isoteremis adsorpsi Langmuir maupun isoteremis adsorpsi Freundlich

sama baiknya digunakan untuk menyerap logam timbal karena koefisiensi korelasi keduanya ( $R^2$ ) mendekati nilai 1.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan adsorben dari kulit buah naga dari bobot awal sebelum pengeringan sebesar 3.091,88 gr dan bobot setelah pengeringan sebesar 100,67 gr.
2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap optimum kulit buah naga adalah pada pH larutan 5 dengan efisiensi penyerapan 70,595% dan pada konsentrasi timbal (Pb) 15 ppm dengan efisiensi penyerapan 92,55%
3. Proses adsorpsi ion logam Pb (II) oleh kulit buah naga memenuhi persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.
4. Daya adsorpsi maksimum/optimum kulit buah naga terhadap penyerapan ion logam Pb (II) dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir adalah 0,2992 mg/g (nilai a) serta Freundlich adalah 1,7298 mg/g (nilai K).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bayuseno, A. P., Y. Umardani & D. Y. Pranoto, 2014, Daur ulang timbal (Pb) dari aki bekas dengan menggunakan metode redoks. Artikel. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Chandra, Budiman, 2006, Pengantar Gusnita, D., 2012, Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. Berita Dirgantara, 13 (3), 95-101.
- Hadi, N. A., M. Mohamad, M. A. K. Rohin & R. M. Yusof., 2016, Effects of Red Pitaya Fruit (Hylocereus polyrhizus) Consumption on Blood Glucose Level and Lipid Profile in Type 2 Diabetic Subjects. Borneo Science, 3 (1), 21-31.
- Handayani, M dan Sulistiyono, E., 2009, Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (Vi) oleh Zeolit. Prosiding Seminar.

- Hernawati, N.A., R. Setiawan, Shintawati, & D. Priyandoko., 2018, The Role of Red Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) to Improvement Blood Lipid Levels of Hyperlipidaemia Male Mice. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1013: 012167. Doi: 10.1088/17426596/1013/1/012167.
- Khopkar, S.M., 2007, *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Mallampati, R., 2013, *Biomimetic Synthesis of Hydrid Materials for Potential Applications*. A Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. Singapore: Department of Chemistry National University of Singapore.
- Putra JA., 2006, *Bioremoval, Metode Alternative Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. [http://www.chemistry.org/artikel\\_kimia/biokimia](http://www.chemistry.org/artikel_kimia/biokimia)
- S Aini, HD Wahyudi, 2018, Uji Persamaan Langmuir dan Chapman pada Daya Serap Zeolit Alam Teraktivasi terhadap Logam Chrom. [https://scholar.google.co.id/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=id&user=mDOOBgEAAAAJ&citation\\_for\\_view=mDOOBgEAAAAJ:2osOgNQ5qMEC](https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=mDOOBgEAAAAJ&citation_for_view=mDOOBgEAAAAJ:2osOgNQ5qMEC) Diakses pada 14/01/2022
- Sudarwin, 2008, *Analisis spasial pencemaran logam berat (Pb dan Cd) pada sedimen aliran sungai dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Jatibarang Semarang*. Semarang: Universitas Semarang Press.
- Syukur & W. Muda., 2015, *Mengenal buah naga*. Jambi: Balai Pelatihan Jambi.
- Tangio, J. S., 2013, Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi: Inovasi Penelitian, Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 3 (1), 500-506.
- Usman, A. F., Budimawan & P. Budi, 2015, Kandungan logam berat Pb-Cd dan kualitas air di Perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep. *Agrokompleks*, 4 (9), 103-107.
- Viera, R.H. S.F. & Volesky, B., 2000, Biosorption; a solution to pollution, *Int. Microbiol*, 3: 17-24.
- Winahyu, D. A., R. C. Purnama & M. Y. Setiawati, 2019, Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan metode DPPH. *Jurnal Analis Farmasi*, 4 (2), 117-12