

Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa

Review : Equation Study of Langmuir and Freundlich Isotherms on Adsorption of Heavy Metal Fe (II) with Zeolite and Activated Carbon from Biomass

Noviana Sariana Sarana Miri¹, Narimo^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi, Surakarta
Jln. Letjen Sutoyo-Mojosongo Surakarta-57127 Telp. 0271-852578

*Corresponding Author: narimo_u5b@yahoo.com

ABSTRAK : Zeolit dan karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam Fe (II). Pengaktivasian zeolit dan karbon aktif dilakukan dengan berbagai larutan asam dan larutan basa. Tujuan dalam literature review ini adalah untuk mengetahui persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich pada penyerapan suatu adsorbat yaitu ion logam Fe (II) oleh zeolit alam maupun sintetis dan karbon aktif yang terbuat dari biomassa yang bersumber pada literature yang relevan. Penentuan pola isoterm adsorpsi yang sesuai dilakukan dengan cara memasukkan data hasil penelitian ke dalam rumus empiris persamaan Langmuir dan Freundlich. Persamaan pada Langmuir yaitu $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, dimana untuk menentukan persamaan isoterm Langmuir perlu dicari harga $1/q_m \cdot b$ dan $1/q_m$. Persamaan pada Freundlich yaitu $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, dimana untuk menentukan persamaan isoterm Freundlich perlu dicari harga $\log k$ dan $1/n$. Harga yang dicari dapat didapatkan dengan cara membuat grafik dengan mengplotkan $1/q$ versus $1/C_e$ untuk Langmuir dan $\log x/m$ versus $\log C_e$ untuk Freundlich. Kapasitas maksimum terbesar pada isoterm Langmuir yaitu 10,19 mg/g dengan menggunakan adsorben zeolit (sintesis). Dan Kapasitas maksimum terbesar pada isoterm Freundlich yaitu 182,9 mg/g dengan menggunakan adsorben karbon aktif (biomassa batang bakau kancing).

Kata kunci : zeolit, karbon aktif, isoterm langmuir, isoterm freundlich

ABSTRACT : Zeolite and activated carbon can be used as adsorbent of metal ion Fe(II). The activation of zeolite and activated carbon was carried out with various acid and alkaline solutions. The purpose of this literature review is to determine the equation of the Langmuir isotherm and the Freundlich isotherm on the absorption of an adsorbate, namely metal ion Fe (II) by natural and synthetic zeolites and activated carbon made from biomass sourced from the relevant literature. Determination of the appropriate adsorption isotherm pattern is done by entering the research data into the empirical formula of the Langmuir and Freundlich equations. The equation in Langmuir is $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, where to determine the Langmuir isotherm equation it is necessary to find the values of $1/q_m \cdot b$ and $1/q_m$. The equation in Freundlich is $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, where to determine the Freundlich isotherm equation it is necessary to find the value of $\log k$ and $1/n$. The sought price can be obtained by graphing by plotting $1/q$ versus $1/C_e$ for Langmuir and $\log x/m$ versus $\log C_e$ for Freundlich. The largest maximum capacity of the Langmuir isotherm is 10.19 mg/g using a zeolite (synthetic) adsorbent. And the largest maximum capacity on the Freundlich isotherm is 182.9 mg/g using activated carbon as adsorbent (button mangrove stem biomass).

Keywords : zeolite, activated carbon, langmuir isotherm, freundlich isotherm

1. PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan industri yang pesat, potensi produksi limbah semakin bertambah besar dan merupakan sebuah permasalahan bagi lingkungan hidup. Limbah logam berat ion besi (Fe) tergolong limbah B3 (Bahan, Berbahaya, Beracun) yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup. Jika dikonsumsi terus menerus maka logam ini akan terakumulasi dan bersifat toksik bagi tubuh (Putri *et al*, 2019). Selain itu logam Fe dapat juga menimbulkan bau, warna, korosi serta koloid pada air minum yang apabila diminum dapat menyebabkan mual dan sakit perut (Putri *et al*, 2019). Metode adsorpsi dapat menyerap logam berat pada limbah cair dan memiliki sifat selektifitas yang tinggi (Munandar, 2014). Adsorpsi merupakan proses melekatnya adsorbat pada permukaan adsorben (Pratiwi & Prinajati, 2018).

Zeolit dapat dimanfaatkan menjadi adsorben logam berat dan juga dapat mengemban tugas sebagai katalis (Atikah, 2017). Zeolit memiliki bentuk kristal teratur dengan rongga yang

saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Millar *et al*, 2016).

Alternatif adsorben lain yang dapat digunakan yaitu biomassa. Adsorben ini disebut biosorben dan mempunyai potensi untuk menyerap logam berat yang ramah lingkungan dengan biaya yang murah. Biomassa merupakan bahan organik yang didapatkan dari proses fotosintesis baik dapat berupa produk maupun limbah, contohnya yaitu akar, daun, batang pohon, kulit buah, limbah pertanian, kotoran hewan, dan sebagainya (Parinduri & Parinduri, 2020). Biomassa adalah bahan yang termasuk ke dalam energi terbarukan dikarenakan dapat dihasilkan relatif cepat sehingga menjadi alternatif pengganti energi fosil yaitu batubara dan minyak bumi. Dampak positif dari penggunaan biomassa antara lain yaitu mengurangi efek rumah kaca, mengurangi limbah organik, melindungi kebersihan air dan tanah, mengurangi polusi udara, dan dapat mengurangi hujan dan kabut asam.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Pencarian Literature Review

2.1.1 Strategi pencarian

Literature review ini menggunakan beberapa langkah yang terdapat pada (Kitchenman, 2007). Langkah tersebut adalah 1) *riset question*, 2) pencarian basis data jurnal, 3) penyaringan berdasarkan kata kunci, 4) penilaian *literature* dan 5) ekstraksi data. Tahap *riset question* merupakan spesifikasi *literature* yang dilakukan dengan merumuskan pertanyaan – pertanyaan (Susilo & Nugroho, 2020). Pencarian basis data jurnal, pada tahap ini menentukan sumber *literature* yang akan digunakan. Pada penelitian ini sumber *literature* yang digunakan yaitu penyedia jurnal nasional yang didapatkan dari *google scholar*, IJER, dan *scihub*. Penyaringan berdasarkan pada kata kunci, pada tahap ini penelitian dilakukan berfokus pada kata yang mempunyai keterkaitan dengan topik. Pada tahap ini penilaian *literature* yang digunakan diberikan batasan, dengan melihat *inclusion* serta *exclusion*. Ekstraksi data, pada tahapan ini dilakukan dengan pengambilan data dari *literature* yang telah didapatkan dengan rincian sebagai berikut: identifikasi, nama penulis, tahun publikasi dan referensi beserta hasil dan pembahasan.

2.1.2 Pencarian dan Pemilihan Artikel

Semua artikel konseptual, empiris, serta pembahasan yang relevan tentang Isoterm Langmuir dan Freundlich pada zeolit dan biomassa dalam mengadsorpsi logam berat Fe (II). Untuk membuat *literature* dilakukan tinjauan *literature* sistematis untuk menyusun serta mensintesis fakta tentang implementasi dan pengalaman kumpulan dari database yang berbeda. Pada tahap awal pencarian artikel/jurnal diperoleh 130 artikel dari 2010 hingga 2020 memakai kata kunci “Adsorpsi Logam Berat, Logam Berat Fe (II), Isotermal Adsorpsi” yang belum diidentifikasi dan dieksplorasi secara relevansi. Pada langkah selanjutnya, artikel/jurnal disortir untuk ditinjau berdasarkan pada kriteria inklusi serta pengecualian. Dari jumlah tersebut hanya 15 artikel/jurnal yang relevan. Kemudian mengkaji isi dengan didukung data, melihat kontribusi yang mendukung. Data dapat berbentuk data kualitatif, kuantitatif ataupun campuran keduanya. Teori, konsep serta asumsi maupun hipotesis dapat dibandingkan sehingga didapatkan hasil dari berbagai literasi. Kunci keberhasilan *literatur review* yaitu semakin banyak *literature* dan kualitasnya baik maka akan semakin mudah untuk melakukan kajian.

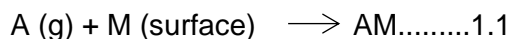
Isoterm Adsorpsi

2.1.3 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Irving Langmuir di tahun 1918 memaparkan model isoterm untuk gas teradsorpsi ke dalam suatu padatan. Adsorbat terbatas pada satu lapisan molekul sebelum tekanan tercapai. Isoterm ini menggambarkan proses kemisorpsi, terjadi ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Asumsi dasar pada isoterm ini (Sembodo,2006) yaitu :

1. Semua situs adsorpsi setara
2. Molekul yang teradsorpsi tidak berinteraksi
3. Terjadi melalui mekanisme yang sama
4. Pada adsorpsi maksimum, monolayer akan terbentuk

Persamaan reaksi kimia dinyatakan pada kesetimbangan dinamis yaitu:



Dengan konstanta laju k_a untuk adsorpsi dan k_d untuk desorpsi. Laju perubahan dari cakupan luas permukaan dari adsorpsi sebanding dengan tekanan parsial P dari A dan jumlah bagian yang tak terpakai $N(1 - \theta)$, dimana N adalah jumlah total bagian, dan θ adalah fraksi penutupan permukaan oleh adsorbat.

Rate adsorpsi:

$$k_a \times P_a \times N \times (1 - \theta) \dots\dots\dots 1.2$$

Rate desorpsi:

$$k_d \times N \times \theta \dots\dots\dots 1.3$$

Pada keadaan setimbang, tidak ada perubahan bersih (*net change*), artinya jumlah kedua laju adalah nol, dan penyelesaian untuk θ . Dari persamaan 1.2 dan persamaan 1.3 menghasilkan persamaan Langmuir:

$$\theta = \frac{k_a P_a}{1 + k_a P_a} \dots\dots\dots 1.4$$

Dimana $\theta = \frac{x}{xm}$, persamaan menjadi:

$$x = \frac{xm \cdot k_a P_a}{1 + k_a P_a} \dots\dots\dots 1.5$$

Dalam bentuk umum dapat ditulis:

$$q = \frac{qm \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \dots\dots\dots 1.6$$

Dari persamaan 1.6 dapat diubah ke persamaan linier menjadi:

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{b \cdot qm} + \frac{C_e}{qm} \dots\dots\dots 1.7$$

Dimana:

q = besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

qm = kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = konstanta (l/mg)

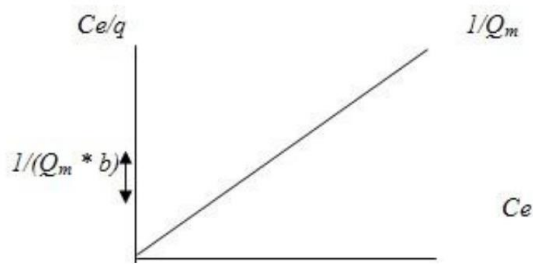
C_e = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan (mg/L)

Dengan eksperimen laboratorium, kapasitas adsorpsi maksimum (qm) dan konstanta (b) dapat diperoleh. Persamaan 1.6 dapat dilinierkan menjadi:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{qm \cdot b} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{qm} \dots\dots\dots 1.8$$

Data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $1/q$ sebagai sumbu y dan $1/C_e$ sebagai sumbu x. Grafik yang diperoleh adalah garis linier

dengan intercept = $1/(q_m \cdot b)$ dan slope



= $1/q_m$. (Sawyer et al., 1994)

Gambar 1. Grafik Model Isotherm Langmuir

2.1.4 Isotherm Adsorpsi Langmuir

Isotherm Freundlich mempelajari hubungan yang menggambarkan adsorpsi reversibel terbatas pada non ideal dan pembentukan multilayer. Isotherm ini biasanya berhubungan dengan sistem heterogen seperti senyawa organik, saringan molekuler dan spesies interaktif yang terdapat pada karbon aktif. Isotherm ini biasanya berhubungan dengan sistem heterogen seperti senyawa organik, saringan molekuler dan spesies interaktif yang terdapat pada karbon aktif. Namun terdapat keterbatasan dalam pemilihan isotherm Freundlich karena kurangnya basis data termodinamika fundamental pada konsentrasi tertentu. Persamaan isotherm Freundlich dapat dinyatakan sebagai berikut (1.9).

$$(S - M) = k (M)^{1/n} \dots\dots\dots 1.9$$

Dimana $1/n$ dan k adalah konstanta. Dari persamaan diatas dapat ditulis dalam model yang lebih umum sebagai berikut (Sawyer et al., 1994):

$$x/m = k \cdot Ce^{1/n} \dots\dots\dots 2.0$$

Dimana:

x/m = besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

k = konstanta adsorpsi

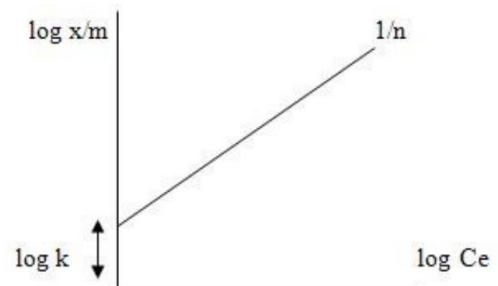
n = konstanta empiris

Ce = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan (mg/L)

Konstanta diperoleh dengan cara eksperimen. Untuk mendapatkan konstanta k dan $1/n$ dilakukan linierisasi menjadi:

$$\log x/m = \log k + \frac{1}{n} \log Ce \dots\dots\dots 2.1$$

Data yang diperoleh dari percobaan laboratorium kemudian diplotkan dengan $\log x/m$ sebagai sumbu y, $\log Ce$ sebagai sumbu x. Grafik yang dihasilkan merupakan garis linier dimana $1/n$ adalah slope, $\log k$ adalah intercept.



Gambar 2. Grafik Model Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich berlangsung pada multilayer, dan korelasi yang dihasilkan pada isotherm Freundlich cukup memuaskan (Langenati et al ,2012). Dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir dan

Freundlich dapat menentukan efektifitas daya adsorpsi (Puspita *et al*, 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan daya serap adsorpsi dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor antara lain jenis adsorben yang digunakan meliputi bahan baku, preparasi adsorben, luas permukaan dari adsorben dimana memperluas permukaan dapat dilakukan dengan cara aktivasi baik pemanasan (fisik) maupun memodifikasi bahan dengan larutan asam basa (kimia), jenis adsorbat, konsentrasi adsorbat serta waktu kontak adsorpsi.

Kesetimbangan adsorpsi dapat diartikan sebagai penjabaran secara matematis dalam isotermal tertentu pada adsorben yang digunakan. Secara umum, prediksi adsorpsi secara keseluruhan dapat dilakukan dengan memodelkan data isoterm dengan analisis linier sebagai pendekatan matematis. Model isoterm yang umum digunakan dalam penentuan model kesetimbangan dari suatu adsorpsi di berbagai penelitian yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich.

Literature review ini bertujuan untuk mengetahui persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich pada penyerapan suatu adsorbat yaitu ion logam Fe (II) oleh zeolit alam maupun

sintetis dan karbon aktif yang terbuat dari biomassa yang bersumber pada *literature* yang relevan. Penentuan pola isoterm adsorpsi yang sesuai dilakukan dengan cara memasukkan data hasil penelitian ke dalam rumus empiris persamaan Langmuir dan Freundlich. Persamaan pada Langmuir yaitu $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, dimana untuk menentukan persamaan isoterm Langmuir perlu dicari harga $1/q_m \cdot b$ dan $1/q_m$ dengan cara membuat grafik. Mengeplotkan harga $1/q$ (q = massa ion Fe yang teradsorpsi) versus $1/C_e$ (C_e = konsentrasi ion Fe pada kesetimbangan) dengan menggunakan Excel. Pemetaan grafik yang diperoleh adalah garis linier dengan intercept = $1/(q_m \cdot b)$ dan slope = $1/q_m$. Isoterm pada suatu adsorpsi dapat ditentukan dengan melihat harga dari koefisien determinan atau dilambangkan dengan R^2 .

Dilihat dari tabel 1 terlihat bahwa penelitian adsorpsi ion Fe (II) oleh bahan zeolit sintetis (Plaza *et al*, 2017; Bakalar *et al*, 2020), dan bahan zeolit alam (Rinni *et al*, 2018; Belova, 2019), ,bahan karbon aktif biomassa (Busyairi *et al*, 2019; Setiawan *et al*, 2017; Augustine *et al*, 2019) lebih mengikuti pola isoterm Langmuir dengan harga koefisien determinan bentang kisaran 0,72 – 0,99. Hal tersebut menandakan proses adsorpsi yang terjadi bersifat kemisorpsi dan terjadi adanya lapisan

tunggal bahan teradsorpsi (Fe) di atas permukaan adsorben yang seragam (zeolit dan karbon aktif yang terbuat dari biomassa) pada suhu konstan. Diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) ion logam Fe (II) terbesar yaitu 10,19 mg/g oleh penelitian (Bakalar *et al*, 2020). Variasi daerah yang sesuai dan porositas adsorben dapat dikolerasikan dengan konstanta Q_m yang menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum yang lebih tinggi dapat dihasilkan dari luas permukaan dan volume pori besar. Semakin besar nilai Q_m pada persamaan Langmuir menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi semakin besar pula. Penelitian yang dilakukan oleh (Purnamasari *et al*, 2017) didapatkan harga R^2 sebesar 1 untuk persamaan Langmuir maupun Freundlich. Akan tetapi harga b lebih rendah daripada K_f , hal ini mengartikan pengendali isoterm ini adalah Langmuir daripada Freundlich karena dikuatkan oleh hasil yang mengacu pada harga b dan K_f . Pada tekanan tertentu, tingkat adsorpsi ditentukan oleh nilai b yang bergantung pada suhu dan entalpi adsorpsi. Nilai b dinaikkan apabila terjadi penurunan suhu sistem.

Penentuan pola isoterm Freundlich diperlukan data hasil penelitian yang kemudian dianalisis lebih lanjut ke dalam rumus empiris persamaan Freundlich. Persamaan pada

Freundlich yaitu $1/q = 1/q_m \cdot b \cdot 1/C_e + 1/q_m$, dimana untuk menentukan persamaan isoterm Freundlich perlu dicari harga $\log k$ dan $1/n$ dengan cara membuat grafik. Mengeplotkan harga $\log x/m$ (x/m = massa ion Fe yang teradsorpsi) versus $\log C_e$ (C_e = konsentrasi ion Fe pada kesetimbangan) dengan menggunakan Excel. Pemetaan grafik yang diperoleh adalah garis linier dengan intercept = $\log k$ dan slope = $1/n$. Hasil penelitian pada tabel 1 (Usman *et al*, 2013; Suziyana *et al*, 2017; Fatmawati *et al*, 2018; Sianipar *et al*, 2016) penyerapan ion Fe dari biomassa cenderung mengikuti isoterm Freundlich karena harga R^2 lebih besar daripada harga R^2 Langmuir yaitu antara 0,88 – 0,98. Hasil tersebut juga sama seperti penelitian yang dilakukan oleh (Alfanaar *et al*, 2017; Purnamasari *et al*, 2017; Las *et al*, 2011; Awuah *et al*, 2019) dengan adsorben berbeda yaitu zeolit dengan harga R^2 yaitu 0,90 – 1. Dari hasil determinan yang diperoleh menandakan terjadinya pelekatan adsorbat pada permukaan adsorben secara fisika (fisisorpsi). Pori – pori pada karbon aktif maupun zeolit bersifat heterogen sehingga Fe(II) yang teradsorpsi pada permukaan adsorben membentuk lapisan multilayer. Panas dan afinitas adsorpsi tidak perlu didistribusikan secara seragam pada permukaan heterogen.

Penjumlahan dari adsorpsi setiap situs adalah jumlah yang teradsorpsi. Situs pengikatan yang lebih kuat akan ditempati dan kemudian penurunan eksponensial dalam energi adsorpsi akan terjadi setelah menyelesaikan proses adsorpsi. Parameter K_f dan n pada persamaan Freundlich bergantung pada suhu, secara teoritis apabila suhu turun maka harga K_f dan n akan naik. Hasil penelitian dari Purnamasari *et al*, (2017) didapatkan harga n sebesar 1.

Pada isoterm Freundlich menunjukkan data penyerapan dimana $1/n$ adalah intensitas adsorpsi atau heterogenitas permukaan yang menunjukkan distribusi relatif energi dan heterogenitas situs adsorbat. Apabila $0 < 1/n < 1$ maka adsorpsi menguntungkan, tidak menguntungkan apabila $1/n > 1$, dan tidak dapat diubah apabila $1/n = 1$. Harga dari n yang dihasilkan adalah 1, maka adsorpsi yang berlangsung pada monolayer dan tidak bergantung pada konsentrasi.

Pada parameter Freundlich, harga K_f menunjukkan indikator relatif kapasitas adsorpsi maksimum yang terkait dengan energi ikatan dari suatu adsorben. Dimana semakin besar K_f maka kapasitas adsorpsinya semakin besar, dan apabila semakin kecil K_f maka kapasitas adsorpsinya semakin kecil. Diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum (K_f) ion logam Fe (II)

terbesar yaitu 182,9 mg/g oleh penelitian (Usman *et al*, 2013)

Tabel 1. Hasil Literature Review

No	Bahan Baku	Aktivator	Kajian Persamaan Langmuir & Freundlich	Kemampuan Adsorpsi	Penulis
1	Zeolit Alam Gunung Kidul	HNO ₃	a. Isoterm Langmuir: Qm = 1,1819 mg/g b = 29,7 l/g R ² = 0,7261 b. Isoterm Freundlich: Kf = 4,5186 n = 5,7339 R ² = 0,0494	36,90%	(Renni, Mahatmanti, & Widiarti, 2018)
2	Zeolit alam Malang	HCl	a. Isoterm Langmuir: Qm = 4,274 mg/g b = 0,620 l/g R ² = 0,885 b. Isoterm Freundlich: Kf = 1,832 l/g n = 1,789 R ² = 0,948	80%	(Alfanaar, Yuniati, & Rismiarti, 2017)
3	Zeolit alam	NaOH	Adsorpsi isoterm untuk variasi pH: a. Isoterm Langmuir: Qm = 2,5 x 10 ⁻³ mg/g b = 2,5 x 10 ⁻¹⁶ l/g R ² = 1 b. Isoterm Freundlich: Kf = 2,4997 x 10 ⁻³ l/g n = 1 R ² = 1 Adsorpsi isoterm untuk variasi waktu: a. Isoterm Langmuir: Qm = 2,5 x 10 ⁻³ mg/g b = 1,75 x 10 ⁻¹⁴ l/g R ² = 1 b. Isoterm Freundlich: Kf = 2,4997 x 10 ⁻³ l/g n = 1 R ² = 1	86%	(Purnamasari, Trisnaliani, & Fatria, 2017)
4	Zeolit alam Tasikmalaya	H ₂ SO ₄	a. Isoterm Langmuir: Qm = 3,658 mg/g	81,81%	(Las, Firdiyono, &

			$b = 0,84 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,8814$ b. Isoterm Freundlich: $K_f = 8,816 \text{ l/g}$ $n = 1,624$ $R^2 = 0,9047$		Hendrawan, 2011)
5	Zeolit alam Yagodnisky, Rusia	HCl	a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 0.021 \text{ mg/g}$ $b = 16.9 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,995$ b. Isoterm Freundlich $K_f = 0.020 \text{ l/g}$ $n = 4,9$ $R^2 = 0,953$	80%	(T.P.Belova, 2019),
6	Zeolit sintetis (Na-A)	-	a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 5,98 \text{ mg/g}$ $b = 0,979 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,9787$ b. Isoterm Freundlich: $K_f = 5,57 \text{ l/g}$ $n = 7,49$ $R^2 = 0,9707$	99,3%	(Plaza, Kolodynska, Halas, & Geca, 2017)
7	Zeolit sintetis (Z-M20), Zeolit sintetis (Z-M50)	-	Adsorpsi isoterm untuk Z-M20: a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 10,19 \text{ mg/g}$ $b = 0,05 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,92$ b. Isoterm Freundlich: $K_f = 3,07 \text{ l/g}$ $n = 5,85$ $R^2 = 0,78$ Adsorpsi isoterm untuk Z-M50: a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 9,72 \text{ mg/g}$ $b = 1,18 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,91$ b. Isoterm Freundlich: $K_f = 1,29 \text{ l/g}$ $n = 2,87$ $R^2 = 0,57$	Zeolit sintetis (Z-M20) sebesar 62,97% Zeolit sintetis (Z-M20) sebesar 78,04%	(Bakalár, Kanuchová, Girová, Pavolová, Hromada, & Hajduová)

8	Zeolit sintetis (Zeolit Y)	-	<p>a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 31,45 \text{ mg/g}$ $b = 1,551 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,626$</p> <p>b. Isoterm Freundlich: $K_f = 0,0618 \text{ l/g}$ $n = 0,6145$ $R^2 = 0,979$</p>	98,05%	(Awuah, Ntiri, Kiti, Nkrumah, & Williams, 2019)
9	Batang bakau kancing	Mg(OH)_2	<p>a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 333,1 \text{ mg/g}$ $b = 11,74 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,9320$</p> <p>b. Isoterm Freundlich $K_f = 182,9 \text{ mg/g}$ $n = 3,055$ $R^2 = 0,9823$</p>	84,6%	(Usman, et al., 2013)
10	Batang pisang	KMnO_4	<p>a. Isoterm Langmuir $Q_m = 2,6219 \text{ mg/g}$ $b = 0,2942 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,984$</p> <p>b. Isoterm Freundlich $K_f = 122,74 \text{ mg/g}$ $n = 0,3762$ $R^2 = 0,989$</p>	80,31%	(Suziyana, Daud, & HS, 2017)
11	Serbuk kayu Meranti	KOH	<p>Ukuran 80 mesh: a. Isoterm Langmuir $Q_m = 0,2008 \text{ mg/g}$ $b = 115,75 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,997$</p> <p>b. Isoterm Freundlich $K_f = 46,77 \text{ mg/g}$ $n = 0,1002$ $R^2 = 0,985$</p> <p>Ukuran 100 mesh: a. Isoterm Langmuir: $Q_m = 0,173 \text{ mg/g}$ $b = 0,099 \text{ l/g}$ $R^2 = 0,996$</p> <p>b. Isoterm Freundlich: $K_f = 53,70 \text{ mg/g}$ $n = 0,099$ $R^2 = 0,7196$</p>	<p>Ukuran 80 mesh sebesar 98,90%</p> <p>Ukuran 100 mesh sebesar 99,90 %</p>	(Busyairi, Firlina, Sarwono, & Saryadi, 2019)

12	Daun nanas	H ₃ PO ₄ , H ₂ SO ₄	<p>Teraktivasi H₃PO₄:</p> <p>a. Isoterm Langmuir: Q_m = 1,0997mg/g b = 0,1108 l/g R² = 0,9963</p> <p>b. Isoterm Freundlich K_f = 0,4191 l/g n = 6,7114 R² = 0,3312</p> <p>Teraktivasi H₂SO₄:</p> <p>a. Isoterm Langmuir: Q_m = 0,0244mg/g b = 2,3713 l/g R² = 0,9079</p> <p>b. Isoterm Freundlich: K_f = 0,0368 l/g n = 4,3327 R² = 0,4358</p>	<p>Aktivator H₃PO₄ sebesar 18,93%</p> <p>Aktivator H₂SO₄ sebesar 22,63%</p>	(Setiawan, Shofiyani, & Syahbanu, 2017)
13	Kulit buah kakao	HCl	<p>a. Isoterm Langmuir: Q_m = 0,0153 mg/g b = 0,9310 l/g R² = 0,783</p> <p>b. Isoterm Freundlich: K_f = 3,8815 mg/g n = 0,095 R² = 0,948</p>	85,32%	(Sianipar, Zaharah, & Syahbanu, 2016)
14	Kulit buah jeruk Pontianak	Ca(OH) ₂	<p>a. Isoterm Langmuir: Q_m = 22,7272 mg/g B = 0,1442 l/g R² = 0,8618</p> <p>b. Isoterm Freundlich: K_f = 3,2136 l/g n = 1,9011 R² = 0,885</p>	82,99%	(Fatmawati, Usman, & Zahara, 2018)
15	Kulit buah melon	HNO ₃	<p>a. Isoterm Langmuir: Q_m = 7,246 mg/g b = 0,186 l/g R² = 0,985</p> <p>b. Isoterm Freundlich K_f = 2,115 l/g n = 0,339 R² = 0,974</p>	92,82%	(Augustine, Ishaq, Akpomie, & Odoh, 2019)

4. KESIMPULAN

Dari hasil *literature review* yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses adsorpsi logam Fe (II) oleh adsorben zeolit dan karbon aktif yang terbuat dari biomassa memenuhi persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich. Dengan rincian: 4 literature adsorben zeolit, 3 literature adsorben karbon aktif mengikuti pola isoterm Langmuir dan 4 literature adsorben zeolit dan 4 adsorben karbon aktif (biomassa) mengikuti pola isoterm Freundlich.

2. Kapasitas maksimum terbesar pada isoterm Langmuir yaitu 10,19 mg/g dengan menggunakan adsorben zeolit (sintesis). Dan Kapasitas maksimum terbesar pada isoterm Freundlich yaitu 182,9 mg/g dengan menggunakan adsorben karbon aktif (biomassa batang bakau kancing).

dengan KOH karena tempurung kelapa memiliki nilai daya serap yang paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfanaar, R., Yuniati, Y., & Rismiarti, Z. (2017). Studi Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan*, (2)1, 63-72.
- Atikah, W. S. (2017). Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Politeknik Sttt Bandung*, 32(1), 17–24.

- Awuah, B. K., Ntiri, B. S., Kiti, E. V., Nkrumah, I., & Williams, C. (2019). Adsorptive Removal of Iron and Manganese from Groundwater Samples in Ghana by Zeolite Y Synthesized from Bauxite and Kaolin. *Journal Water*, 2-19.
- Augustine, A. U., Ishaq, B., Akpomie, T. M., & Odoh, R. (2019). Removal of Lead (II) and Iron (II) ions from Aqueous Solutions Using Watermelon (Citrillus Lanatus) Peels as Adsorbent. *Journal of Chemistry*, 3(1), 1-7.
- Bakalár, T., Máriakaňuchová, Girová, A., Pavolová, H., Hromada, R., & Hajduová, Z. (2020). Characterization Of Fe(II) Adsorption Onto Zeolite And Bentonite. *International Journal Environmental Research And Public Health*, 1-13.
- Busyairi, M., Firlina, Sarwono, E., & Saryadi. (2019). Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon . *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 11(2), 97-101.
- Fatmawati, N., Usman, T., & Zahara, T. A. (2018). Bioadsorpsi Fe(II) Oleh Kulit Buah Jeruk Citrus Nobilis Lour.Var Microcarpa Termodifikasi Ca(OH)₂. *Indonesian Journal Of Pure And Applied Chemistry*, 1(3), 98-113
- Kitchenman, B. (2007). *Guidelines For Performing Systematic Literature Reviews In Software Engineering*. Uk: Ebse Technical Report.
- Langenati, R., Mustika, D., & Wasito, B. (2012). Pengaruh Jenis Adsorben Dan Konsentrasi Uranium Terhadap Pemungutan Uranium Dari Larutan Uranil Nitrat. *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, 8(2).
- Las, T., Firdiyono, F., & Hendrawan, A. (2011). Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan Natrium Silikat Menggunakan. *Uin Syarif Hidayatullah*, 2(2), 368-378.
- Millar, G., Winnett, A., Thompson, T., & Couperthwaite, S. (2016).

- Equilibrium Studies Of Ammonium Exchange With Australian Natural Zeolites. *Journal Of Water Process Engineering*, 47-57.
- Munandar, A. (2014). Adsorpsi Logam Pb Dan Fe Dengan Zeolit Alam Teraktivasi. *Jurnal Farmasi*, 45-46.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal Of Electrical Technology*, 5, 88-92.
- Plaza, A., Kolodynska, D., Halas, P., & Geca, M. (2017). The Zeolite Modified by Chitosan as Adsorbent For Environmental Applications. *Adsorption Science & Technology*, 35(9-10), 834-844.
- Pratiwi, R., & Prinajati, P. D. (2018). Adsorption For Lead Removal By Chitosan From Shrimp Shells. *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, 2(1), 35-46.
- Purnamasari, I., Trisnaliani, L., & Fatria. (2017). Pengaruh Derajat Keasaman dan Waktu Adsorpsi. *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 34-39.
- Puspita, M., Firdaus, M. L., & Nurhamidah. (2017). Pemanfaatan Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 Dan Direct Green-26. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 1(1), 75-79.
- Putri, I. D., Daud, S., & Elystia, S. (2019). Pengaruh Massa Dan Waktu Kontak Adsorben Cangkang Buah Ketapang Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe Dan Zat Organik Pada Air Gambut. *Universitas Riau*, 6, 2-13.
- Renni, C. P., Mahatmanti, W., & Widiarti, N. (2018). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Adsorben Ion Logam Fe(II) Dan Cr(IV). *Indonesian Journal Of Chemical Science*, 7(1), 64-70.
- Sembodo, S. T. B. (2006). Model kinetika Langmuir untuk adsorpsi timbal dengan abu sekam padi. *Jurnal ekuilibrium* 5(1); 28-33
- Setiawan, A. A., Shofiyani, A., & Syahbanu, I. (2017). Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus). *Universitas Tanjungpura*, 6(3), 66-74.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Adsorpsi Fe(II) Dengan Arang Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L.). *Universitas Tanjungpura*, 1(2), 50-59
- Suziyana, Daud, S., & Hs, E. (2017). Pengaruh Massa Adsorben Batang Pisang Dan Waktu Kontak Adsorpsi. *Universitas Riau*, 4(1), 1-9.
- T.P. Belova. (2019). Adsorption Of Heavy Metal Ions (Cu²⁺, Ni²⁺, Co²⁺ And Fe²⁺) From Aqueous Solutions By Natural Zeolite. *Research Geotechnological Center*, 1-6.
- Usman, A. R., Sallam, A. S., Al-Omran, A., H., A., Alenazi, K. K., Nadeem, M., Et Al. (2013). Chemically Modified Biochar produced From Conocarpus Wastes. *Adsorption Science & Technology*, 31(7), 625-640.