

Pemanfaatan Limbah Biji Pepaya sebagai Biosorben terhadap Penurunan Total Ion Besi (Fe) dalam Air Limbah

Utilization Of Papaya Seed Powder as a Bioadsorben to Reduce Total Iron (Fe) In Wastewater

Munira Munira^{a*}, Andi Aladin^a, Perwita Sari^b, Nur Aulia Hamza^a, St. Umrah Tulzhaliza^a

^a Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo KM. 5, Makassar, 90231, Indonesia

^a Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jl. Seturan Raya (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 14 Oktober 2022
Diterima dalam revisi 2 November 2022
Diterima 7 November 2022
Online 15 November 2022

ABSTRAK: Pepaya merupakan tanaman tumbuh di daerah tropis yang cukup banyak dibudidayakan di Indonesia. Bagian tanaman yang paling dimanfaatkan adalah buahnya. Biji Pepaya yang terdapat di dalam buah pepaya hanya menjadi limbah, padahal biji pepaya memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Sehingga biji pepaya dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben (bioadsorben). Bioadsorben ini dapat digunakan untuk menyerap berbagai jenis limbah cair seperti logam berat Fe. Fe merupakan logam berat esensial jika dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Salah satu cara untuk menghilangkan cemaran logam Fe dengan metode adsorpsi menggunakan biosorben biji Pepaya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas penggunaan biji pepaya sebagai bioadsorben dalam menyerap logam Fe pada cemaran air. Metode yang digunakan yaitu biji pepaya sebagai adsorben yang diaktivasi digunakan dengan lima variasi ukuran partikel dan waktu kontak sehingga diketahui ukuran partikel dan waktu kontak optimum serbuk biji pepaya untuk menyerap logam besi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel adsorben optimum adalah 100 mesh dan waktu kontak optimum adalah selama 60 menit. Efisiensi adsorpsi ion logam besi (Fe) dalam air limbah sebesar 60%, nilai kapasitas adsorpsinya 0.365 mg/g. Model kinetika adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi logam Fe adsorben limbah biji pepaya adalah *pseudo second order*.

Kata kunci : biji Pepaya, adsorpsi, ion besi, bioadsorben

ABSTRACT: Papaya is a tropical plant that is widely cultivated in Indonesia. Papaya seeds have a high cellulose content, so that papaya seeds can be used as raw material for adsorbents (biosorbents). Biosorbent is used to reduce environmental pollution through the absorption of various types of liquid waste including heavy metals. Fe is an essential heavy metal if in excess amounts can cause toxic effects. One of the methods to reduce of iron ion in wastewater is the adsorption method is using papaya seed biosorbents. The aim of study was to determine the effectiveness of using papaya seed as bioadsorbent to reduce of iron ion in the wastewater. Papaya seed as the adsorbent agent activated ones was used in five particle size and contact time variations in order to determine the optimum particle size and contact time of papaya seed powder to absorb the heavy metals. The results show that the optimum adsorbent particle size was 100 mesh and the optimum contact time was 60 minute. The adsorption efficiency of (Fe) metal ions in wastewater was 60%, the adsorption capacity value was 0.365 mg/g. Kinetic modelling of adsorption process is *pseudo second order*.

Keywords : papaya seed, adsorption, iron ion, bioadsorbent

1. Pendahuluan

Limbah cair yang terdapat di perairan Indonesia umumnya memiliki nilai pH menuju asam. Sifat limbah yang asam apabila terdapat di sungai dapat merusak ekosistem hewan

dan tumbuhan dalam perairan. Asam memiliki sifat korosif yang samangat berbahaya, sehingga limbah yang mengandung asam tinggi diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu untuk mengurangi atau menghilangkan sifat

* Corresponding author
Email address: munira@umi.ac.id

asam dalam limbah sebelum di buang ke lingkungan. (Zustriani, 2019)

Limbah cair selain memiliki sifat asam yang tinggi juga memiliki kandungan logam-logam berat di dalamnya. Logam berat yang terdapat dalam limbah cair menjadi salah satu masalah utama pencemaran air yang terjadi karena logam berat memiliki sifat toksik dan tidak terdegradasi secara biologis. Limbah cair yang tinggi kandungan logam beratnya harus dilakukan proses pengolahan sebelum di buang ke lingkungan karena dapat merusak ekosistem air. Pengolahan limbah logam berat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu presipitasi dan koagulasi, oksidasi kimia, sedimentasi, filtrasi, pemisahan dengan membran dan pertukaran ion. Kelemahan dari metode-metode ini diantaranya memerlukan biaya instalasi dan operasional yang tinggi selain itu, pada metode presipitasi dan koagulasi dianggap kurang efisien karena terdapat beberapa logam yang tidak terendapkan secara sempurna. Salah satu cara penghilangan logam berat dalam limbah cair yang efektif digunakan adalah metode adsorpsi, karena metode ini lebih bersih, mudah dan murah. Proses Adsorpsi terjadi ketika adsorbat (logam berat) berkontak langsung dengan adsorben, sehingga terjadi proses penjerapan adsorbat ke dalam pori-pori permukaan adsorben (Zustriani, 2019); (Aeisyah et al, 2014)

Interaksi yang terjadi antara kation logam berat dengan adsorben dalam limbah cair dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam limbah. Penurunan logam berat dalam limbah cair karena terjadi proses adsorpsi. adsorpsi dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi zat berbahaya dalam limbah, menjernihkan warna dan menghilangkan bau tidak sedap dalam limbah cair. Karbon aktif dan silika gel termasuk jenis adsorben konvensional yang banyak digunakan dan mudah di dapatkan. Adsorben termasuk filter dan penjerap yang baik digunakan dalam proses adsorpsi. Karbon aktif dalam bentuk arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben yang dapat di peroleh dari tanaman yang disebut bioadsorben

Indonesia termasuk dalam daerah tropis, sehingga memiliki berbagai jenis tanaman yang melimpah seperti buah pepaya. Biji pepaya terbuang menjadi limbah yang tidak banyak digunakan di masyarakat. Biji pepaya terdapat kandungan senyawa aktif yaitu alkaloid, flavonoid, glikosida antraknon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin (Zustriani, 2019). Biji pepaya terdapat komponen karbohidrat yang tinggi, menunjukkan adanya kandungan karbon di dalamnya. Kandungan karbon yang tinggi dalam biji pepaya, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (bioadsorben). Semakin banyak kandungan karbon dalam adsorben membuat kemampuan adsorpsi semakin baik sehingga memperoleh kualitas adsorben terbaik (Zustriani, 2019).

Beberapa faktor dapat mempengaruhi kemampuan adsorben dalam menjerap logam berat diantaranya yaitu luas permukaan adsorben dimana semakin besar luas permukaan adsorben maka makin banyak zat yang teradsorpsi, luas permukaan adsorben dapat ditentukan oleh ukuran partikel dan massa adsorbat. Selain itu, waktu kontak, konsentrasi

serta jenis adsorben menjadi hal yang penting dalam penentuan efektivitas adsorpsi. (Shauqiah et al, 2011)

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Zustriani (2019) mengkaji pengaruh massa adsorben biji pepaya terhadap kemampuan penyerapan logam Cu dan Fe sehingga pada kajian ini akan membahas mengenai pengaruh ukuran partikel dan waktu kontak adsorben biji pepaya terhadap limbah logam Fe.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah ayakan dan stopwatch, AAS merk Shimadzu.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu limbah biji pepaya diperoleh dari pasar setempat, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Merck) diperoleh dari PT. Intraco, dan Aquades.

2.3 Prosedur

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah Pembuatan bioadsorben Biji Pepaya, analisa ukuran partikel, analisa waktu kontak dan uji coba pada sampel limbah sintesis

1. Pembuatan Bioadsorben Biji Pepaya

Pembuatan bioadsorben biji pepaya ini dimulai dengan mencuci biji pepaya dengan air bersih, lalu mendidihkan selama 8 jam. Setelah itu, biji pepaya disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam. Biji pepaya yang telah dikeringkan dicuci kembali dengan aquades menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit. Biji pepaya kemudian disaring dan dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata. Bioadsorben biji pepaya yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan variabel ukuran partikel yang diinginkan. Serbuk biji pepaya (bioadsorben) disimpan ke dalam desikator

2. Analisa Ukuran Partikel

Adsorben serbuk biji pepaya ditimbang masing-masing ukuran partikel (50, 70, 80, 100, 120 mesh) sebanyak 2 gram, kemudian ditambahkan larutan ion logam Fe sebanyak 20 mL dengan konsentrasi 20 mg/L pada masing-masing adsorben, setelah itu diaduk menggunakan magnetic stirrer selama ± 15 menit. Kemudian disaring untuk memisahkan antara filtrat dan residu. Filtrat yang dihasilkan ditampung dan ditambah 1 tetes asam sulfat pekat, kemudian dianalisis menggunakan AAS.

3. Analisa Waktu Kontak

Hasil dari penentuan ukuran partikel optimum adsorben ditimbang sebanyak 2 gram masing-masing dikelompokkan menjadi 5 bagian yaitu untuk waktu kontak 15, 30, 60, 120 dan 180 menit, kemudian ditambahkan ion logam besi sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 20 mg/L dan diaduk menggunakan

magnetic stirrer selama waktu yang ditentukan. Setelah itu disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung, ditambah 1 tetes asam sulfat pekat lalu dianalisis menggunakan AAS

4. Percobaan Sampel

Adsorben serbuk biji pepaya yang diperoleh dari perlakuan sebelumnya, dengan ukuran partikel optimum (x) dan waktu kontak optimum (y) ditimbang sebanyak 2 gram, kemudian ditambahkan 50 mL limbah ion logam besi (Fe) dengan konsentrasi 25 mg/L. Larutan limbah Fe kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama (y) menit. Setelah itu disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung kemudian ditambahkan 1 tetes asam sulfat pekat, dianalisis menggunakan AAS.

2.4 Analisis Data

Penentuan konsentrasi Fe yang terserap diperoleh dari hasil analisis menggunakan *Atomic Absorpsi pectrophotometer* (AAS) dengan membandingkan hasil analisis sampel dan hasil analisis larutan standar pada sebuah grafik kurva standar.

Data yang didapatkan adalah data konsentrasi logam dalam larutan (yang tidak teradsorpsi), sehingga konsentrasi logam yang teradsorpsi merupakan selisih dari konsentrasi awal dan akhir (yang tidak teradsorpsi). Kemudian ditentukan persentase logam teradsorpsi dengan rumus:

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100 \tag{1}$$

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \tag{2}$$

Adapun penentuan model kinetika pada proses adsorpsi ini meliputi beberapa model :

Model Kinetika Orde Satu

$$\ln C_A = -kt + C_{A0} \tag{3}$$

Model Kinetika Orde Dua

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \tag{4}$$

Pseudo First order

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \tag{5}$$

Pseudo second order

$$\frac{dq_t}{q_t} = k_2 (q_e - q_t)^2 \tag{6}$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi awal adsorbat

C = Konsentrasi akhir adsorbat

V = Volume larutan adsorbat

m = massa adsorben

q_t = Kapasitas adsorpsi

k = konstanta kinetika adsorpsi

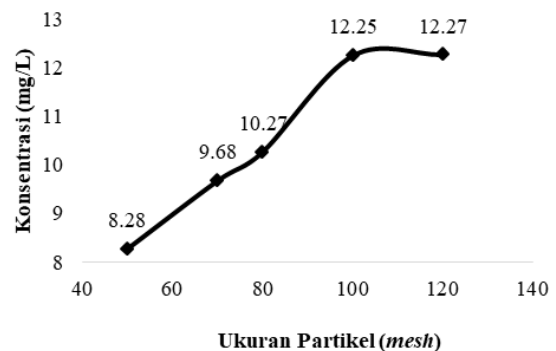
t = waktu adsorpsi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Logam Adsorpsi Logam Fe

Tahap ini menggunakan variasi ukuran partikel adsorben. Diambil adsorben sebanyak 2 gram dan ditambahkan larutan ion logam Fe 20 ppm (20 mg/L). Ukuran partikel adsorben yang dilakukan pengujian adalah 50, 70, 80, 100 dan 120 *mesh*. Proses adsorpsi terjadi pada suhu ruang dengan waktu kontak konstan 15 menit. Suhu optimum yang digunakan adalah suhu ruang yaitu 25°C. Penentuan suhu ini di dasarkan pada proses adsorpsi yang terjadi di suhu tinggi dapat menyebabkan penurunan kemampuan adsorpsi, sehingga logam berat yang terjerap semakin sedikit. Selain itu, kapasitas adsorpsi juga berkurang dalam suhu tinggi karena melemahnya energi ikat antara adsorben dan adsorbat (Carrasco et al., 2013)

Dari hasil analisa AAS dan persamaan 3, diperoleh hasil adsorpsi ion logam Fe menggunakan adsorben biji pepaya sebagai berikut :



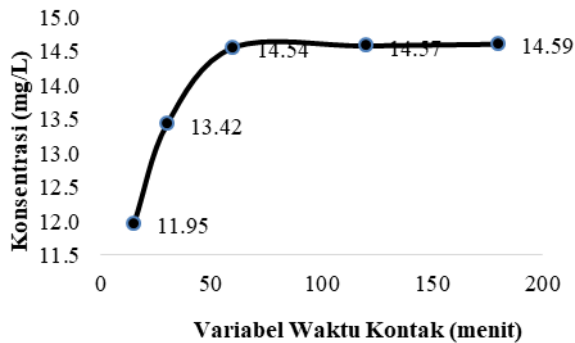
Gambar 1. Hubungan antara Ukuran Partikel dan Konsentrasi

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Fe secara optimum terjadi pada ukuran partikel adsorben 100 *mesh*, dengan efektivitas adsorpsi sebesar 61.25%. Ukuran partikel adsorben berpengaruh terhadap efisiensi adsorpsi, semakin kecil ukuran adsorben maka semakin baik efisiensi adsorpsi yang diperoleh. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel maka ikatan antar-molekul yang terjadi semakin besar sehingga proses penyerapan dapat berlangsung lebih optimal (Istighfarini et al., 2017), selain itu karena luas permukaan adsorben yang lebih besar sehingga larutan limbah yang mengandung Fe lebih mudah terdifusi ke dalam adsorben . (Munira et al., 2021).

3.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Fe

Pada tahap ini menggunakan variasi waktu kontak adsorben. Hasil terbaik dari prosedur sebelumnya digunakan sebagai variabel tetap pada tahap ini yaitu menggunakan adsorben dengan ukuran partikel 100 *mesh* sebanyak 2 gram kemudian ditambahkan larutan ion logam Fe sebesar 20 ppm

(20 mg/L). Waktu kontak adsorben yang diujikan adalah 15, 30, 60, 120, 180 menit. Dari hasil analisa AAS dan persamaan 1, diperoleh hasil adsorpsi ion logam Fe menggunakan adsorben biji pepaya dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Kontak dan Konsentrasi Fe

Berdasarkan Gambar 2 bahwa penyerapan ion logam Fe secara optimum terjadi pada waktu kontak selama 60 menit, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 72.7%. salah satu parameter yang penting dalam proses adsorpsi yaitu waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat karena hal ini berkaitan dengan laju adsorpsi. Penentuan waktu kontak digunakan untuk penentuan waktu optimum dalam proses adsorpsi dengan menggunakan pengadukan secara batch sehingga dapat diketahui batas maksimal adsorpsi dalam penyisihan adsorbat (Siringo & Ringo, 2019).

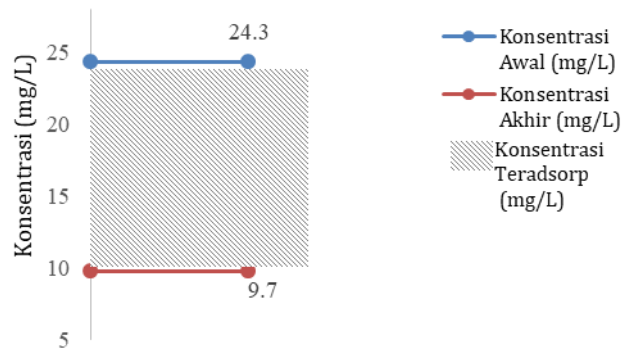
Waktu kontak juga dapat mempengaruhi kinerja dan daya serap (Asip, Ridha and Husna, 2008) sehingga akan mempengaruhi efektivitas suatu adsorben. Adsorpsi meningkat dengan peningkatan waktu kontak dan peningkatan kapasitas adsorpsi ini terjadi karena jumlah sisi aktif (Siringo & Ringo, 2019).

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan (Syauqiah et al, 2011), berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa waktu kontak optimal untuk biosorben dari biji pepaya yaitu 60 menit. Pada waktu tersebut dapat disimpulkan telah mengalami kesetimbangan. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak ion Fe yang terserap oleh bioadsorben karena proses difusi yang terjadi dapat berlangsung lebih optimal pada waktu yang lebih lama.

3.3 Proses Adsorpsi Sampel Limbah

Kapasitas adsorpsi adsorben biji pepaya diperoleh berdasarkan karakteristiknya yaitu luas permukaan, distribusi ukuran pori, gugus fungsi adsorben. Kondisi limbah cair juga berpengaruh dalam proses adsorpsi seperti pH, konsentrasi, dan memungkinkan terjadi adsorpsi terhadap zat lain. Pada tahap ini dilakukan percobaan adsorben biji pepaya terhadap sampel limbah dengan menggunakan hasil terbaik dari prosedur sebelumnya sebagai variabel tetap yaitu adsorben biji pepaya dengan ukuran partikel 100 mesh dan waktu kontak selama 60

menit. Dari hasil Analisa AAS dan dihitung menggunakan persamaan 1, diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 3. Penyerapan Ion Logam Fe pada Air Limbah

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan ion logam Fe pada limbah sintesis mencapai 60.32%. hal ini diperoleh dari penurunan konsentrasi dari 24,3 mg/L hingga 9,7 mg/L.

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface, yaitu lapisan film yang melapisi permukaan biosorben. Molekul adsorbat berpindah dari permukaan dalam ke permukaan luar dari biosorben. Kemudian molekul-molekul adsorbat tersebut dipindahkan dari permukaan luar biosorben lalu menyebar menuju pori-pori biosorben. Fase ini disebut dengan difusi pori. Kemudian molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori biosorben. (Suhendra & Gunawan, 2010)

3.4 Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

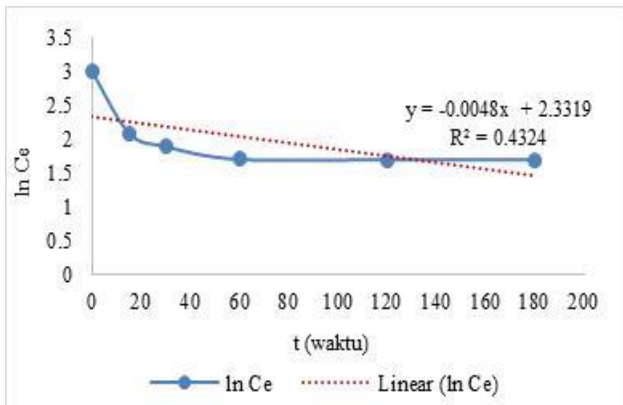
Kinetika adsorpsi menggambarkan laju adsorpsi terhadap pengaruh waktu dan kecepatan adsorpsi. Penentuan mekanisme dan laju adsorpsi suatu adsorbat, membutuhkan suatu pendekatan dengan model kinetika adsorpsi. Mekanisme adsorpsi tergantung pada karakteristik fisik atau kimia adsorben yang digunakan dan proses transportasi molekul pada saat penyerapan (Tahad & Sanjaya, 2017).

Tabel 1. Konstanta Adsorpsi Model Kinetika Adsorpsi

No	Model	Persamaan	R ²	k
1	Orde 1	$\frac{-dc}{dt} = kc$	0,4324	0,0048
2	Orde 2	$\frac{-dc}{dt} = kc^2$	0,5357	0,0006
3	Pseudo First Order	$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t)$	0,8575	0,0525
4	Pseudo Second Order	$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2$	0,9996	6,777

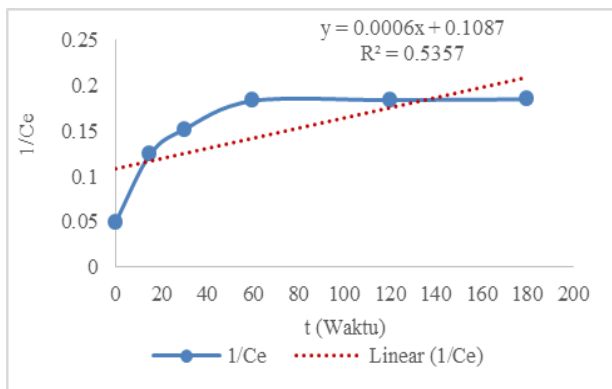
Penentuan model kinetika adsorpsi Fe pada limbah ditentukan dengan evaluasi pengaruh waktu kontak (0, 15, 30, 60, 120 dan 180 menit). Penentuan model kinetika diperoleh dari persamaan yang telah dihitung menggunakan metode linearisasi dengan membandingkan model kinetika melalui analisis nilai R^2 . Konstanta adsorpsi dari masing-masing model yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kinetika adsorpsi mengikuti beberapa model persamaan yang telah diplotkan pada grafik dapat dilihat pada gambar 4, 5, 6 dan 7.



Gambar 4. Model Kinetika Adsorpsi Orde 1

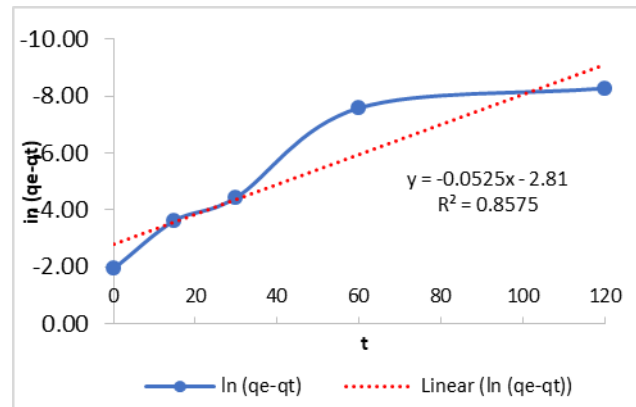
Penentuan model kinetika logam Fe dilakukan dengan menerapkan beberapa pendekatan model yaitu model orde 1, orde 2, *pseudo first order* (PFO) dan *pseudo second order* (PSO).



Gambar 5. Model Kinetika Adsorpsi Orde 2

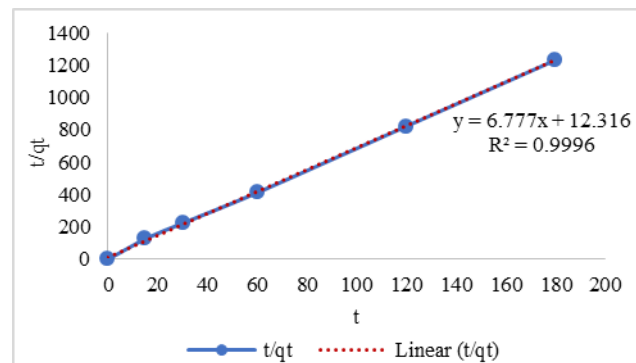
Model kinetika yang terpilih dalam adsorpsi logam Fe ialah model yang memiliki nilai regresi (R^2) mendekati 1. Nilai R^2 semakin mendekati 1 maka model kinetika yang diplotkan semakin baik, sehingga dapat diterapkan sebagai model kinetika yang menggambarkan proses adsorpsi. Nilai konstanta laju adsorpsi menggambarkan kecepatan penyerapan suatu adsorbat dalam adsorben. Semakin tinggi nilai laju adsorpsi maka proses penyerapan yang terjadi semakin baik (Arvianto et al, 2019). Sehingga, untuk

menentukan model kinetika yang sesuai dengan hasil penelitian dapat ditentukan dari nilai R^2 dan laju adsorpsi.



Gambar 6. Model Kinetika *Pseudo First Order*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di analisa dari plotting data kinetika adsorpsi yang ditunjukkan oleh gambar 4, 5, 6 dan tabel 1 menunjukkan bahwa model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk proses adsorpsi logam Fe adalah model kinetika *pseudo second order*. Dibuktikan dengan Model PSO memiliki nilai R^2 sebesar 0,9996 dan konstanta kinetika adsorpsi 6,777 g/mg.min.



Gambar 7. Model Kinetika *Pseudo Second Order*

Model kinetika *pseudo second order* sebagai model terbaik yang terapkan dalam proses adsorpsi Fe dibandingkan dengan model kinetika orde 1, orde 2 dan PFO. Model kinetika orde 1, orde 2 dan PFO berbeda dengan model kinetika *pseudo second order*. Model kinetika *pseudo second order* mengasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi logam Fe sebanding dengan jumlah situs yang terisi oleh ion Fe. Model ini menerapkan sistem adsorpsi monolayer di permukaan adsorben. Sistem adsorpsi monolayer ini menjelaskan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan tunggal dalam adsorben, ketika situs aktif di permukaan tunggal adsorben sudah terpenuhi oleh ion Fe maka kapasitas adsorpsi akan menurun (Maslukah et al., 2020).

Sedangkan model kinetika adsorpsi orde 1 menggambarkan kinetika laju adsorpsi bergantung dari salah satu zat yang teradsorpsi. Model kinetika ini terjadi secara tunggal dimana adsorben hanya mampu menyerap logam Fe lapisan tunggal pori-pori permukaan adsorben (Hajar et al.,

2018). Model kinetika orde 2 menggambarkan kecepatan laju adsorpsi berbanding lurus dengan dua konsentrasi adsorbet atau berbanding langsung dengan kuadrat salah satu adsorbatnya (Tahad & Sanjaya, 2017). Sementara itu, model kinetika pseudo first order menginterpretasikan proses adsorpsi pada tahap awal (initial stage). (Muhammad, 2014)

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Ukuran partikel optimum penggunaan biosorben biji pepaya dalam mengadsorpsi ion logam Fe yaitu pada ukuran partikel 100 mesh dengan efisiensi adsorpsi sebesar 61.25%.
2. Waktu kontak optimum penggunaan biosorben biji pepaya dalam mengadsorpsi ion logam Fe yaitu pada waktu kontak selama 60 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 72.7%.
3. Penyerapan ion logam Fe menggunakan adsorben biji pepaya dalam sampel air limbah berhasil terserap sebanyak 14.6 mg/L dengan efisiensi sebesar 60.32% , dengan nilai kapasitas adsorpsi 0.365 mg/g.
4. Model kinetika adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi logam Fe adsorben limbah biji pepaya adalah *pseudo second order* diperoleh nilai regresi (R^2) sebesar 0,9996 dan nilai k sebesar 6,777 g/mg.menit

Daftar Pustaka

- Arvianto, R. I., Mauludi, K., Damayanti, A.K., dan Pradipta, M. F., 2019, "Studi Kinetika Adsorpsi Emas Menggunakan Kulit Mangga Termodifikasi Asam Sulfa", *Jurnal Chimica et Natura Acta*, 7, pp. 1-6.
- Aeisyah, M. H. S. Ismail, K.Lias, and S. Izhar, 2014 "Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review," *J. Chem. Environ.*, vol. 18, no. 4, pp. 91–102,
- Asip, F., Ridha, M. And Husna (2008) 'Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch Faisol Asip , Ridha Mardhiah , Husna Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jl . Raya Palembang – Prabumulih Km . 32 , Inderalaya 30662 Abstrak', 15(2), Pp. 22–26.
- Carrasco, Javier, Jiří Klimeš, and Angelos Michaelides. 2013. 'The role of van der Waals forces in water adsorption on metals'. *J. Chem. Phys.* 138. doi.org/10.1063/1.4773901
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., dan Welan, F. J., 2018, "Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam", *Jurnal Konversi*, 5(1), pp. 1-8.
- Istighfarini, S. A. E., Daud, S. And Hs, E. (2017) 'Pengaruh Massa Dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut', 4(1), Pp. 1–8.
- Maslukkah, Lilik. Muhammad Zainury, Anindya Wirasatriya, Rikha Widiaratih. 2020. 'Studi Kinetika Adsorpsi dan Desorpsi Ion Fosfat di Sedimen Perairan Semarang dan Jepara'. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* . 12(2). Pp. 383-394.
- Muhammad. 2014. 'Penyerapan B-Karoten Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit: Kajian Kinetika'. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 3 : 2 (November 2014). Pp 53 – 63.
- Munira, M, M Mustafiah, D Darnengsih, Gusnawati and H utami, 2021. 'Pemanfaatan Limbah Arang Plastik Sebagai Adsorben Surfaktan Anionik dalam Air Limbah Laundry'. *Journal of Chemical Process Engineering* 6(1). Pp 59-63.
- Siringo-Ringo, E. P. (2019) *Pengaruh Waktu Kontak, Ph Dan Dosis Adsorben Dalam Penurunan Kadar Pb Dan Cd Menggunakan Adsorben Dari Kulit Pisang*.
- Suhendra, D. And Gunawan, R. (2010) 'Aktivator Asam Sulfat Dan Penggunaannya Pada Penjerapan Ion Tembaga (Li)', 14(1), Pp. 22–26.
- Syauqiah, I., Amalia, M. And Kartini, H. A. (2011) 'Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif Dalam Limbah Cuci Foto', 12(1), Pp. 11–20.
- Tahad, A. dan Sanjaya, A. S., 2017 'Isoterm Freundlich, Model Kinetika dan Penentuan Laju Reaksi Adsorpsi Besi dengan ArangAktif dari Ampas Kopi', *Jurnal Chemurgy*, 1(2), pp. 13–21.
- Taihuttu, Batseba. V. Kayadoe, A. Mariwy., 2019 'Studi Kinetika Adsorpsi Ion Fe (III) Menggunakan Limbah Ampas Sagu' *Molluca Journal Of Chemistry Education* ' 9(1), pp.9-17.
- Zustriani, A. K. (2019) 'Pengaruh Aktivasi Adsorben Biji Pepaya Terhadap Adsorpsiion Logam Besi (Fe) Dan Tembaga (Cu) Dalam Air Limbah', *Integrated Lab*, 07(1), Pp. 29–43.