

OPTIMASI MASSA ADSORBEN DAN pH PADA ADSORPSI ION Fe MENGUNAKAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT

Wa Sanaria Tajudin*, Sunarti, Julita B. Manuhutu

*Chemistry Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Educational Sciences,
Pattimura University*

*sanariatajudin10@gmail.com

Received: 21 February 2023 / Accepted: 14 March 2023 / Published: 11 July 2023

ABSTRACT

Waste of palm shell ash can be used as an adsorbent to adsorb Fe ions because it contains 75.8% SiO₂. The aim of this research was to determine the pore characteristics of palm shell ash as well as capacity and efficiency adsorption on Fe ions based on variations in adsorbent mass and adsorbate pH. Pore characteristics was analyzed using a Surface Area Analyzer (SAA). Adsorption of palm shell ash on Fe ions was carried out in batches with variations in adsorbent mass of 0.0001, 0.0005, 0.001, and 0.005 g and pH variations of 3, 6, 7, and 8. The concentration of adsorbed Fe ions was analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Based on the results of the analysis with the SAA, it shows that palm shell ash has the characteristics of mesoporous-sized pores with a pore diameter of 2.9273 nm, a pore volume of 0.010 cc/g, and a surface area of 1.120 m²/g. The optimum adsorption capacity of palm shell ash on Fe ions was achieved at an adsorbent mass of 0.0001 g of 319.72 mg/g, while the optimum adsorption efficiency was achieved at an adsorbent mass of 0.005 g of 68.59%. At pH variations, optimum adsorption capacity and efficiency were obtained at pH 7 of 2001.9 mg/g and 99.90%.

Keywords: Adsorption, Fe Ions, Palm Shell Ash, Surface Area Analyzer.

ABSTRAK

Limbah abu cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam mengadsorpsi ion Fe, karena mengandung 75,8% SiO₂. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pori abu cangkang kelapa sawit serta kapasitas dan efisiensi adsorpsi abu cangkang kelapa sawit terhadap ion Fe berdasarkan variasi massa adsorben dan pH adsorbat. Karakteristik pori dianalisis menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA). Adsorpsi abu cangkang kelapa sawit terhadap ion Fe dilakukan secara *batch* dengan variasi massa adsorben 0,0001, 0,0005, 0,001 dan 0,005 g serta variasi pH 3, 6, 7 dan 8. Konsentrasi ion Fe teradsorpsi dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Berdasarkan hasil analisis dengan SAA menunjukkan bahwa abu cangkang kelapa sawit memiliki karakteristik pori berukuran mesopori dengan diameter pori sebesar 2,9273 nm, volume pori sebesar 0,010 cc/g dan luas permukaan sebesar 1,120 m²/g. Kapasitas adsorpsi optimum abu cangkang kelapa sawit terhadap ion Fe dicapai pada massa adsorben 0,0001 g sebesar 319,72 mg/g, sedangkan efisiensi adsorpsi optimum dicapai pada massa adsorben 0,005 g sebesar 68,59%. Pada variasi pH, kapasitas dan efisiensi adsorpsi optimum diperoleh pada pH 7 sebesar 2001,9 mg/g dan 99,90%.

Kata Kunci : Adsorpsi, Ion Fe, Abu cangkang kelapa sawit, Surface Area Analyzer.

PENDAHULUAN

Ion Fe merupakan urutan logam nomor 2 yang paling banyak ditemukan (melimpah) dan unsur ke-4 yang melimpah di kerak bumi sebesar 4,6%, Fe juga merupakan element yang essential bagi kesehatan tubuh dalam tahapan perkembangan seseorang. Mengonsumsi Fe dalam dosis tinggi atau berlebih karena obat atau makanan yang difortifikasi zat besi (Fe) bisa menyebabkan toksisitas, dan menyebabkan kematian pada anak-anak berusia kurang dari 6 tahun. Toksisitas ditandai dengan gejala muntah disertai dengan darah. Terjadi ulkerasi alat pencernaan, diikuti gejala shock dan asidosis, kerusakan hati, gagal ginjal, dan serosis hati. Efek negatif besi terhadap kesehatan manusia lainnya dapat mengganggu sistem reproduksi, mutagenik, dan berpotensi sebagai pemicu kanker apabila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama (Widowati, 2008).

Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kandungan ion Fe dengan biaya hemat, sederhana, tidak memerlukan sejumlah besar bahan kimia dan energi adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah proses difusi suatu komponen pada suatu permukaan atau antar partikel (Faizal, 2015). Nurhasni dkk (2012) melaporkan bahwa semakin tinggi massa adsorben yang digunakan, maka nilai efisiensi adsorpsi terhadap ion akan semakin tinggi. pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi dan kapasitas adsorpsi, serta semakin besar seiring meningkatnya nilai pH. Hal ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menyerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH tinggi (Wen et al, 2017).

Salah satu adsorben yang dapat dimanfaatkan yaitu dari limbah cangkang kelapa sawit karena dari hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit menyisakan produk samping seperti abu sebesar kurang lebih 100 kg/minggu dan abu kerak boiler sekitar 3 sampai dengan 5 ton/minggu (Mulia, 2007). Penggunaan abu cangkang kelapa sawit layak dan menarik untuk dilakukan karena hasil analisis yang dilakukan oleh Reubun (2021), abu cangkang kelapa sawit yang tidak diolah (raw) mengandung SiO_2 sebesar 75,8%. Selain itu, kelimpahannya yang cukup besar serta harganya yang murah dan mudah didapat sehingga abu dapat dimanfaatkan untuk material lowcost adsorben berbagai polutan berdasarkan interaksinya secara elektrostatik maupun interaksi non ikatan lain (Hsu, 2008).

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Alat-alat: Neraca analitik merk Ohaus, ayakan ukuran 100 mesh, stopwatch, peralatan gelas, erlenmeyer, batang pengaduk, lumpang dan alu, *furnace* Thermolyne FB1410M-33, cawan petri, corong kaca laboratorium, shaker IKA HS 260 Basic and Control, indikator universal, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Shimadzu AA-7000, *Surface Area Analyzer* (SAA) Quantachrome Instruments Version 3.0. Bahan: Abu cangkang kelapa sawit, larutan induk $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 1000 mg/L, aquades, kertas saring Whatman No 42.

Prosedur Kerja

1. Preparasi Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu diayak menggunakan ayakan 100 mesh, kemudian dicuci dengan akuades. Abu yang telah dicuci dipanaskan dalam *furnace* dengan suhu 400°C selama 3 jam (Astuti & Kurniawan, 2015). Selanjutnya dilakukan analisis luas permukaan pori dengan metode isotherm adsorpsi-desorpsi N_2 menggunakan instrumen *Surface Area Analyzer*.

2. Pembuatan Larutan Standar Fe(III)

Prosedur pembuatan larutan standar dan proses adsorpsi mengacu pada prosedur yang dilakukan oleh Suciawati (2018).

a) Pembuatan Larutan Standar Fe (III) 100 mg/L

Dipipet 10 ml larutan induk Fe (III) 1000 mg/L dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml. Selanjutnya diencerkan hingga tanda batas dan diperoleh larutan standar 100 mg/L.

b) Pembuatan Larutan Standar Fe(III) 10 mg/L

Dipipet larutan Fe (III) 100 mg/L sebanyak 10 ml, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan sampai tanda batas, diperoleh larutan Fe (III) 10 mg/L.

c) Pembuatan Larutan Seri Standar Fe (III) 0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dan 10,0 mg/L

Larutan standar Fe (III) 0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dan 10,0 mg/L dibuat dengan cara memipet larutan Fe (III) 10 mg/L sebanyak 2; 4; 6; 8 dan 10 mL, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL dan diencerkan sampai tanda batas.

d) Pengukuran Absorbansi Larutan Seri Standar Fe (III)

Larutan seri standar Fe (III) kemudian diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 248,3 nm (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Data absorbansi standar kemudian disubstitusikan ke dalam kurva regresi hubungan absorbansi terhadap konsentrasi untuk diperoleh persamaan regresi, yang akan digunakan untuk menentukan konsentrasi Fe (III) pada sampel setelah adsorpsi.

3. Proses Adsorpsi dengan Variasi Massa Adsorben dan pH

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi massa adsorben dan pH sebagai berikut:

a) Variasi Massa Adsorben

Dimasukan Limbah Fe(III) 8 mg/L sebanyak 25 mL ke dalam 4 buah erlenmeyer. Kemudian tambahkan abu cangkang kelapa sawit masing-masing erlenmeyer dengan massa 0,0001; 0,0005; 0,001 dan 0,005 g. Selanjutnya lakukan adsorpsi menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Pisahkan adsorben dengan larutan menggunakan kertas saring Whatman No 42. Selanjutnya filtratnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) (Mushthafa, 2022).

b) Variasi pH

Dimasukan Limbah Fe(III) 8 mg/L sebanyak 25 mL ke dalam 4 buah erlenmeyer. Kemudian tambahkan abu cangkang kelapa sawit masing-masing erlenmeyer dengan massa optimum dan atur pH hingga mencapai pH 3, 6, 7, dan 8. Selanjutnya lakukan adsorpsi menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Pisahkan adsorben dengan larutan menggunakan kertas saring Whatman No 42. Selanjutnya filtratnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) (Mushthafa, 2022).

Teknik Analisis Data

1. Penentuan Konsentrasi Sampel

Untuk penentuan konsentrasi sampel menggunakan persamaan :

$$X = \frac{y-b}{a} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana, x = konsentrasi sampel (mg/L), y = absorbansi larutan standar, b = *slope*, a = *intersept*.

2. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya kontaminan yang diserap dari larutan, dinyatakan dengan persamaan: (Widiastuti dkk, 2011).

$$q = \frac{(C_o - C_a)V}{m} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana, q = kapasitas adsorpsi (mg/g), Co = konsentrasi awal (mg/L), Ca = konsentrasi akhir (mg/L), V = volume (L), M = massa adsorben (g).

3. Penentuan Efisiensi Adsorpsi

Penentuan presentase efisiensi adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini (Widiastuti dkk, 2011).

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{(C_o - C_a)}{C_o} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana, Co = konsentrasi sebelum adsorpsi (mg/L), Ca = konsentrasi setelah adsorpsi (mg/L).

HASIL PENELITIAN

A. Preparasi Abu Cangkang Kelapa Sawit

Sampel abu cangkang kelapa sawit yang diperoleh Dari PT Nusa Ina Seram Utara Timur Kobi, digerus menggunakan lumpang dan mengayaknya menggunakan ayakan berukuran 100 mesh dilakukan dengan tujuan untuk menyeragamkan ukuran partikel. Abu yang telah diayak dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang menempel pada abu cangkang kelapa sawit. Kemudian dipanaskan dalam *furnace* dengan suhu 400°C selama 3 jam.



Gambar 1. Abu yang telah dikalsinasi

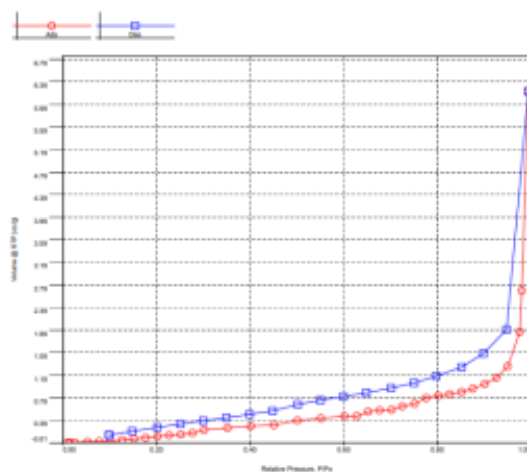
B. Karakteristik Pori Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu cangkang kelapa sawit yang telah dikalsinasi, dianalisis menggunakan SAA dengan metode *Braunear Emmelt and Teller* (BET) yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik Pori pada abu cangkang kelapa sawit. Hasil analisis menggunakan SAA tersebut, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Luas Permukaan dan Struktur Pori Abu Cangkang Kelapa Sawit.

Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cc/g)	Diameter Pori (nm)
1,120	0,010	2,9273

Hasil analisis luas permukaan dan ukuran pori dengan adsorpsi-desorpsi nitrogen didapat luas permukaan spesifik, volume pori, dan diameter pori ditunjukkan pada Tabel 1 dapat terlihat bahwa luas permukaan yang dihasilkan sebesar 1,120 m²/g lebih kecil dari hasil analisis dalam penelitian yang dilaporkan oleh Vantya (2017) bahwa luas permukaan karbon aktif cangkang kelapa sawit sebesar 148,783 m²/g. ini disebabkan oleh proses aktivasi yang dilakukan pada karbon aktif Vantya (2017) yang direndam dengan H₃PO₄ 9% selama 24 jam dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 3 jam sedangkan pada penelitian ini tidak dilakukan aktivasi secara kimia tetapi secara fisik sehingga abu masih memiliki oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori-pori yang menyebabkan menurunnya luas permukaan abu. Selain itu, pada Tabel 1 menunjukkan diameter pori lebih dari 2 nm (2,9273 nm), sehingga dapat disimpulkan bahwa abu cangkang kelapa sawit memiliki pori berukuran mesopori (2 – 50 nm). Isoterm adsorpsi-desorpsi abu cangkang kelapa sawit disajikan pada Gambar 2.

**Gambar 2. Grafik Isoterm adsorpsi-desorpsi N₂ Abu Cangkang Kelapa Sawit**

Adanya pori pada permukaan padatan akan memberikan efek pembatasan jumlah lapisan pada adsorbat dan terjadi fenomena kondensasi kapiler. Kondensasi kapiler ini menyebabkan terjadinya histerisis atau percabangan. Pada Gambar 2, Loop histerisis teramati saat desorpsi pada tekanan relatif P/P_0 0,4 sampai mendekati 1. Histerisis terjadi karena pada tekanan relatif P/P_0 yang sama, jumlah molekul nitrogen yang terdesorpsi menunjukkan perbedaan (lebih sedikit) dibandingkan dengan jumlah molekul nitrogen yang teradsorpsi (Gregg dan Sing, 1982). Klasifikasi isoterm ini merupakan isoterm tipe IV, dimana jenis adsorpsi dari padatan berpori meso dengan ukuran pori pada rentang 2-50 nm (Gregg dan Sing, 1982). Berdasarkan karakter isoterm IV tersebut abu cangkang kelapa sawit memiliki karakteristik berpori meso.

C. Analisis Ion Besi (Fe) Menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit Secara Spektrofotometri Serapan Atom

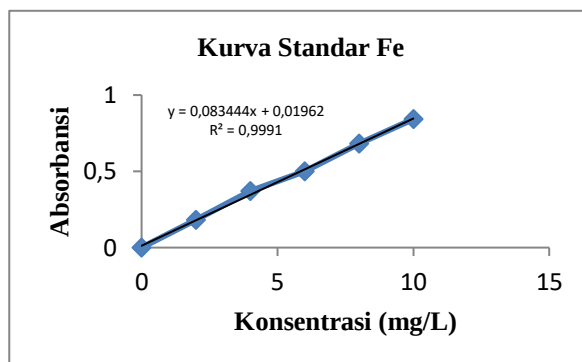
1. Kurva Standar Fe

Larutan standar Fe (III) 100 mg/L diperoleh dengan mengencerkan larutan induk Fe (III) 1000 mg/L menjadi 100 mg/L dan diencerkan lagi menjadi 10 mg/L. Setelah itu dibuatlah larutan seri standar Fe (III) dengan konsentrasi 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dan 10,0 mg/L yang kemudian diukur absorbansinya untuk penentuan kurva standar. Data hasil pengukuran absorbansi dan kurva standar ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Fe

Konsentrasi larutan Fe (mg/L)	Absorbansi
0	0,0003
2,0	0,1817
4,0	0,3694
6,0	0,4993
8,0	0,6821
10,0	0,8423

Berdasarkan data pada Tabel 2, maka dapat dibuat kurva standar hubungan antara absorbansi terhadap konsentrasi larutan Fe yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Standar Larutan Fe

Kurva standar menggambarkan hubungan antara serapan sinar, sehingga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu zat (Sulistiyani dkk, 2012). Berdasarkan kurva standar, diperoleh persamaan regresi $y = 0,083444x + 0,01962$, dengan nilai $R^2 = 0,9991$ dengan y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi.

2. Adsorpsi Ion Fe Menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit

a) Optimasi Massa Adsorben Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Adsorpsi Ion Fe

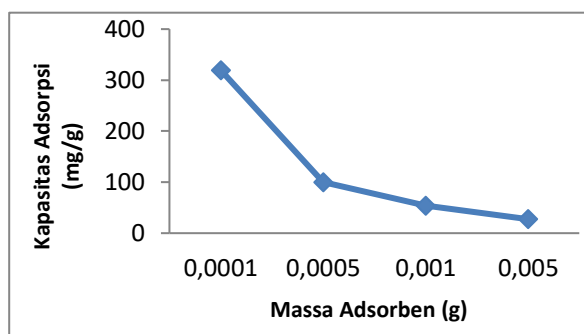
Adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben abu cangkang kelapa sawit sebesar 0,0001; 0,0005; 0,001 dan 0,005 g dengan menambahkan 25 mL larutan Fe 8 mg/L, kemudian diaduk

menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman 42, filtratnya dianalisis menggunakan AAS. Data hasil pengukuran absorbansi larutan Fe setelah proses adsorpsi menggunakan abu cangkang kelapa sawit ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Fe Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi Massa Adsorben serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Massa Adsorben (g)	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Setelah Adsorpsi		Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
		Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)		
0,0001	8	0,5728	6,72	319,72	15,99
0,0005	8	0,5118	5,99	100,49	25,12
0,001	8	0,4978	5,82	54,44	27,22
0,005	8	0,2216	2,51	27,43	68,59

Dari data pada Tabel 3 kapasitas adsorpsi dapat dibuat grafik hubungan antara kapasitas adsorpsi abu cangkang kelapa sawit terhadap massa adsorben, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

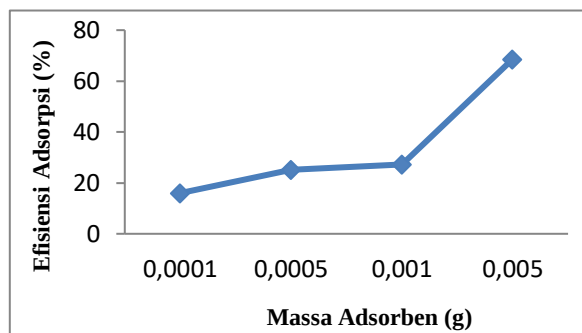


Gambar 4. Grafik Hubungan Kapasitas Adsorpsi Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Massa Adsorben

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi terus menurun seiring dengan bertambahnya massa adsorben yang digunakan. Hal ini dapat dilihat bahwa kapasitas tertinggi terdapat pada massa adsorben 0,0001 g sebesar 319,72 mg/g dan kapasitas terendah terdapat pada massa adsorben 0,005 g sebesar 27,43 mg/g. Pada massa adsorben 0,0001 g memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi disebabkan karena banyaknya luas permukaan sisi aktif adsorben yang tersedia untuk berikatan dengan adsorbat berbanding lurus dengan peningkatan massa adsorben yang digunakan sehingga sisi aktif adsorben dapat berinteraksi menyerap logam Fe (Putri dkk, 2019). Namun setelah penambahan massa adsorben lebih dari 0,0001 g terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Utubira, dkk (2022) menyatakan bahwa massa adsorben berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi massa adsorben maka kapasitas adsorpsinya juga semakin menurun. Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya proses desorpsi, dimana proses desorpsi terjadi akibat pelepasan adsorbat dari permukaan adsorben, hal ini ditandai dengan jenuhnya permukaan adsorben, sehingga adsorbat yang telah

terserap akan terlepas dari adsorben dan kembali ke dalam larutan menjadi zat pengotor yang mengakibatkan kapasitas adsorpsi semakin menurun.

Dari data pada Tabel 3 efisiensi adsorpsi dapat dibuat grafik hubungan antara efisiensi adsorpsi abu cangkang kelapa sawit terhadap massa adsorben, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Efisiensi Adsorpsi Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Massa Adsorben

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan efisiensi adsorpsi pada massa adsorben 0,0001 g menuju 0,005 g dimana pada massa adsorben 0,0001 g diperoleh efisiensi adsorpsi sebesar 15,99% dan meningkat sampai 68,59% pada massa adsorben 0,005 g. Semakin bertambahnya massa adsorben yang digunakan, maka efisiensi penyerapannya terhadap ion logam semakin besar. Bertambahnya massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben. Sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapanpun meningkat (Refilda dkk, 2001). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pheungrasop dkk (2011) yang menyatakan bahwa efisiensi adsorpsi berbanding terbalik dengan kapasitas adsorpsi dimana semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka efisiensi adsorpsi semakin meningkat dengan menurunnya kapasitas adsorpsi. Peningkatan efisiensi adsorpsi disebabkan karena semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka luas permukaan juga semakin bertambah sehingga situs aktif berupa pori pada adsorben yang lebih banyak untuk menyerap adsorbat yang menyebabkan efisiensi adsorpsi meningkat (Nurhasni, 2012).

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa massa adsorben optimum pada proses adsorpsi ion logam Fe menggunakan abu cangkang kelapa sawit adalah pada massa adsorben 0,0001 g dengan kapasitas adsorpsi sebesar 319,72 mg/g tetapi efisiensi adsorpsi tertinggi terdapat pada massa adsorben 0,005 g sebesar 68,59%.

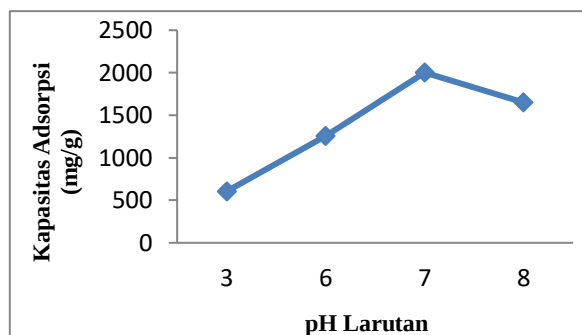
b) Optimasi pH Larutan Fe yang Teradsorp pada Abu Cangkang Kelapa Sawit

Variasi pH pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH keasaman terhadap adsorpsi ion Fe menggunakan abu cangkang kelapa sawit. Variasi pH larutan Fe dilakukan pada pH 3, 6, 7 dan 8 dengan tujuan untuk mengetahui pH optimum yang dibutuhkan oleh adsorben dalam mengadsorpsi ion Fe. Pada proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan massa adsorben abu cangkang kelapa sawit 0,0001 g sesuai dengan hasil kapasitas adsorpsi variasi massa adsorben optimum sebesar 319,72 mg/g, sehingga penulis menggunakan massa adsorben 0,0001 g dengan menambahkan 25 mL larutan Fe 8 mg/L. Kemudian diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan selama 30 menit. Campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman 42, filtratnya dianalisis menggunakan AAS. Data hasil pengukuran absorbansi larutan Fe setelah proses adsorpsi menggunakan abu cangkang kelapa sawit ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Fe Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi pH serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

pH	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Setelah Adsorpsi		Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
		Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)		
3	8	0,4776	5,58	604,95	30,25
6	8	0,2603	2,97	1255,9	62,79
7	8	0,0126	0,007	2001,9	99,90
8	8	0,1280	1,39	1652,3	82,62

Hubungan antara pH larutan Fe dengan kapasitas adsorpsi sesuai data pada Tabel 4.4 dapat ditunjukkan pada Gambar 6.

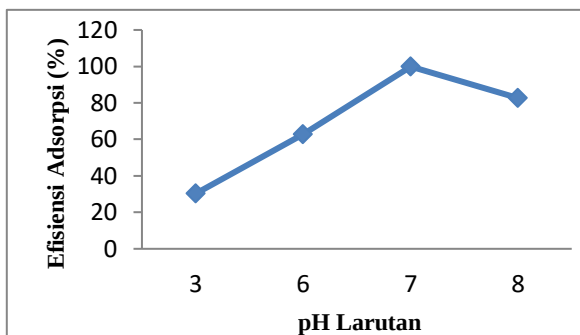
**Gambar 6. Grafik Hubungan Kapasitas Adsorpsi Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap pH**

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pH, tetapi mengalami penurunan setelah melewati titik optimum yang dicapai. Dilihat dari hasil analisis, kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada pH 7 yakni sebesar 2001,9 mg/g. Hal ini terjadi karena pada pH 7 sudah mendekati suasana basa, maka ada kelebihan OH^- dalam lingkungan gugus aktif (Silanol) pada permukaan adsorben, sehingga gugus aktif (silanol) akan melepaskan ion-ion H^+ yang terdapat pada gugus $-\text{OH}$, dalam hal ini gugus aktif (silanol) yang terkandung dalam adsorben abu cangkang kelapa sawit mengalami deprotonasi akibatnya permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesiasi logam dalam bentuk kation (Farooq et al, 2010). Keadaan ini menyebabkan ion logam teradsorpsi semakin banyak. Li et al (2010) melaporkan bahwa kation logam kemungkinan dapat teradsorpsi lebih mudah pada permukaan negatif adsorben.

Penambahan pH larutan 8, kapasitas adsorpsi kembali menurun sebesar 1652,3 mg/g. Hal tersebut disebabkan karena pada pH yang lebih tinggi, keberadaan ion OH^- yang terkandung dalam larutan dapat menyebabkan terjadinya kompetisi antara OH^- dan situs aktif pada adsorben untuk berikatan dengan ion logam. Selain itu, dimungkinkan terbentuk endapan dari interaksi ion Fe^{3+} dengan OH^- membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ dan mengalami pengendapan sebelum terjadi interaksi dengan adsorben. Endapan hidroksida yang terbentuk sebelum interaksi dapat mengurangi jumlah ion logam

yang dapat teradsorpsi sehingga dapat mengakibatkan kapasitas adsorpsinya menurun (Agusriyadin, 2020).

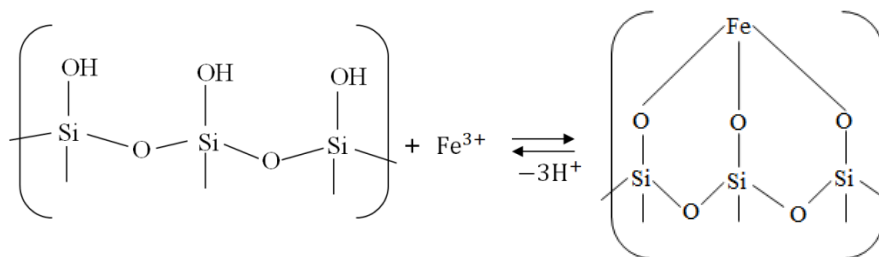
Hubungan antara pH larutan Fe dengan efisiensi adsorpsi sesuai data pada Tabel 4.4 dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Efisiensi Adsorpsi Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap pH

Efisiensi adsorpsi ion logam Fe pada variasi pH dapat dilihat pada Gambar 7 yang menunjukkan bahwa untuk efisiensi adsorpsi pada pH asam yaitu pH 3 jumlah ion Fe yang teradsorpsi kecil yakni sebesar 30,25%, pada pH 6 mulai terjadi peningkatan sebesar 62,79% dan peningkatan terus terjadi pada pH 7 sebesar 99,90%. Kecilnya efisiensi adsorpsi ion Fe yang teradsorpsi pada pH asam yaitu pH 3 dan 6 disebabkan pada suasana asam, terdapat kelebihan H^+ dalam lingkungan gugus aktif (silanol) pada permukaan adsorben. Selanjutnya gugus aktif (silanol) akan menarik H^+ berlebih tersebut, akibatnya gugus aktif (silanol) berada dalam keadaan terprotonasi oleh H^+ sehingga adsorben lebih bermuatan positif (Farooq et al, 2010). Selain itu, spesi ion Fe yang terbentuk dalam larutan adalah Fe^{3+} sehingga terjadi persaingan antara proton dan muatan positif dari ion Fe di permukaan adsorben yang menyebabkan kecilnya efisiensi adsorpsi ion Fe yang terjadi.

Adsorpsi ion Fe mengalami peningkatan pada pH 7 disebabkan karena berkurangnya kompetisi diantara proton (H^+) dan ion logam bermuatan positif (Fe^{3+}) di permukaan adsorben abu cangkang kelapa sawit yang menghasilkan tolakan rendah terhadap ion Fe^{3+} sehingga ion logam dapat dengan mudah terjerap dalam abu cangkang kelapa sawit (Koby et al, 2005). Adanya perubahan efisiensi adsorpsi pada variasi pH merupakan peran ion-ion H^+ dan OH^- . Efisiensi adsorpsi dapat mengikuti kapasitas adsorpsi terhadap pH (Johnson dkk, 2021). Berdasarkan Tabel 4 dapat diamati bahwa pH optimum yang tercapai adalah pada pH 7 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2001,9 mg/g dan efisiensi adsorpsi sebesar 99,90%.



Gambar 8. Reaksi Antara Gugus Silanol pada Abu Cangkang Kelapa Sawit dengan Ion Fe^{3+} (Said dkk, 2014)

Proses adsorpsi yang terjadi pada abu cangkang kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi ion Fe dikarenakan dari data hasil analisis FTIR Reubun (2021) senyawa silika yang terkandung dalam abu memiliki gugus silanol (=Si-OH) dan siloksan (=Si-O-Si), yang dimana merupakan situs aktif yang mampu bertindak sebagai adsorben (Darmayanti, 2020) kemampuan adsorpsi silika bergantung pada distribusi gugus Si-OH tiap unit area adsorben. Gugus Si-OH membuat permukaan adsorben bersifat polar. Akibatnya, ion logam besi dapat terjerap oleh gugus Si-OH pada permukaan dengan menghasilkan pertukaran kation sebagai gejala kemisorpsi (Said dkk, 2014).

Interaksi antara ion Fe^{3+} dan gugus Si-OH pada adsorben abu cangkang kelapa sawit terjadi karena adanya gaya elektrostatis antara muatan negatif gugus Si-OH dengan muatan positif dari ion Fe^{3+} . Atom Oksigen (O) pada gugus Si-OH memiliki pasangan elektron bebas, sementara ion Fe^{3+} memiliki orbital d yang kosong. Pasangan elektron bebas dari ligan Si-OH akan menempati ruang orbital d yang masih kosong dari ion Fe^{3+} , sehingga terbentuk suatu senyawa baru yang berikatan kovalen koordinasi (Said dkk, 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan, tujuan penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil analisis dengan *Surface Area Analyzer* (SAA) menunjukkan karakteristik pori abu cangkang kelapa sawit memiliki karakteristik pori berukuran mesopori dengan diameter pori sebesar 2,9273 nm, volume pori sebesar 0,010 cc/g dan luas permukaan sebesar 1,120 m²/g.
2. Kapasitas adsorpsi optimum abu cangkang kelapa sawit terhadap ion Fe dicapai pada massa adsorben 0,0001 g sebesar 319,72 mg/g, sedangkan efisiensi adsorpsi optimum dicapai pada massa adsorben 0,005 g sebesar 68,59%. Pada variasi pH, kapasitas dan efisiensi adsorpsi optimum diperoleh pada pH 7 sebesar 2001,9 mg/g dan 99,90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Penerbit Lambung Mangkurat University Press.
- Adipura, S. (2015). *Pengaruh TPA Tamangapa terhadap Kualitas Air Baku di Wilayah Pemukiman Sekitarnya Besi dan Mangan*. Skripsi. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

- Beenakumari, K. S. (2009). Removal of Iron from Water Using Modified Coconut Shell Charcoal as Adsorbent. 4(2): 321–326.
- BPS Kabupaten Maluku Tengah. (2016). *Kabupaten Maluku Tengah dalam Angka 2016*. Masohi: Badan Pusat Statistik.
- Ceribas, H. dan Yetis, U. (2013). Biosorption of Ni(II) and Pb(II) by *Phanerochaete chrysosporium* from a Binary System-Kinetic. *Water Research*, 27(1): 15-20.
- Da Browski. (2001). Adsorption from Theory to Practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93: 135-224.
- Day, R. A. & Underwood A. L. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif*, Edisi Keenam. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ebbing, D. D., dan Gammon, S. D. (2007). *General Chemistry, Tirth Edition*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Elias, N., Chandren, S., Razak, F. I. A., Jamalis, J., Widodo, N., & Wahab, R. A. (2018). Characterization, Optimization and Stability Studies on *Candida rugosa* Lipase Supported on Nanocellulose Reinforced Chitosan Prepared from Oil Palm Biomass. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114: 306–316.
- Faizal, M. (2015). Efisiensi Penyerapan Logam Pb^{2+} dengan Menggunakan Campuran Bentonit dan Enceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), Maret 2015.
- Farooq, U., Kozinski, J.A., Khan, M.A., and Athar, M. (2010). Biosorption of Heavy Metal Ions using Wheat Based Biosorbents. A Review of The Recent Literature. *Bioresour. Technol*, 101: 5043–5053.
- Gelyaman, G.D. (2018). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Bioavailabilitas Besi bagi Tumbuhan. 1(1): 17–19.
- Kayadoe, V. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Karbon Ter-Template Zeolit NaY dengan Prekursor Sukrosa sebagai Material Penyimpanan Hidrogen. Tesis. Surabaya: Program Magister Jurusan Kimia FMIPA ITS.
- Lakuy, J. (2021). *Preparasi dan Aktivasi Abu Cangkang Kelapa Sawit untuk Adsorpsi Logam Fe*. Skripsi tidak diterbitkan. Ambon: Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pattimura.
- Mandasari., Istifiarti., dan Alfian Purnomo. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1): 11–16.
- Reawaruw, H. (2019). *Adsorpsi Ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada Sumber Air Waiselaka Desa Waai Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Sagu*. Skripsi tidak diterbitkan. Ambon: Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pattimura.
- Sag, Y., dan Aktay, Y. (2002). Kinetics Study on Sorption of Cr(VI) and Cu(II) Ions by Chitin, Chitosan, and Rhizopus Arrhizus. *Biochemical Engineering Journal*, 12: 143-153.
- Oscik, J. (1982). *Adsorption*. England: Ellis Horwood Ltd.
- Permenkes RI. (2010). *Persyaratan Kualitas Air Minum dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Menurut Menkes RI*. NO. 492/Menkes/Per/IV/2010. Nurhasni., Florentinus, F., dan Qosim, S. (2012). Penjerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif. *Valensi*, 2(4): 516-525.
- Utubira, Y., Sunarti., & Nurmawati. (2022). Preparasi dan Aktivasi Abu Tulang Ceker Ayam untuk Adsorpsi Ion Pb^{2+} . *MJoCE*, 12(1): 62-67.
- Wen, X., Chunjie, Y., Na, S. (2017). A Biomass Cationic Adsorbent Prepared from Corn Stalk: Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal Nano-Geomaterials of Education Ministry, China* : China University.

Yuliana., Veronica, J. S., & Bambang Gunantara. (2005). Penggunaan Adsorben untuk Mengurangi Kadar Free Fatty Acid, Peroxide Value dan Warna Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 4(2): 212-218.