



## **Efektivitas Adsorben Kitosan - Natrium Tripolifosfat dalam Menurunkan Konsentrasi Fe dan Mn pada Air Sumur**

**Emeralda Rieke Wibowo<sup>1</sup>, Firra Rosariawari<sup>2\*</sup>**

<sup>1,2\*</sup>Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Email: <sup>1</sup>rieke.wibowo@gmail.com, <sup>2\*</sup>firra.tl@upnjatim.ac.id

### **Abstract**

*In general, well water or ground water often contains iron (Fe) and manganese (Mn) ions in it. One of the effective water treatment processes to remove heavy metals is adsorption. Natural adsorbents such as chitosan can be effective adsorbents used to reduce heavy metal concentrations in the environment. One of the weaknesses of chitosan is the strength of the mechanical structure and low stability. Therefore, crosslinking modifications were carried out to improve the mechanical structure and reduce solubility. This study aims to determine the effect of sodium tripolyphosphate on the process of making chitosan shrimp shell-sodium tripolyphosphate adsorbent and to determine the optimum conditions of the variation of the adsorbent and the mass used. The research variables used were the sodium-tripolyphosphate concentration of 0.25%; 0.50%; and 1.00%, the mass of the adsorbent in the column was 5 grams and 7.5 grams, and the sampling times were 20 minutes, 40 minutes, 60 minutes, 80 minutes, 100 minutes, 120 minutes, 140 minutes and 160 minutes. The results showed that the 1% chitosan-sodium tripolyphosphate adsorbent with a mass of 7.5 grams was the most optimal in reducing the content of Fe by 92% and Mn by 93%.*

**Keywords:** Adsorption, Shrimp Shell, Chitosan, Sodium Tripolyphosphate, Fe, Mn.

### **Abstrak**

Air sumur atau air tanah pada umumnya sering ditemukan kandungan ion logam besi (Fe) dan mangan (Mn) didalamnya. Untuk menghilangkan kandungan logam pada air dapat dilakukan dengan proses adsorpsi. Salah satu jenis adsorben alami seperti kitosan dinilai cukup efektif untuk menurunkan kadar logam terlarut di lingkungan. Salah satu kelemahan dari kitosan adalah kekuatan struktur mekanik dan stabilitas yang rendah. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi pengikatan silang untuk meningkatkan struktur mekanik dan mengurangi kelarutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh natrium tripolifosfat pada proses pembuatan adsorben kitosan kulit udang-natrium tripolifosfat dan mengetahui kondisi optimum dari variasi adsorben dan massa yang digunakan. Variabel penelitian yang digunakan yaitu konsentrasi Natrium-Tripolifosfat sebesar 0,25%; 0,50%; dan 1,00%, massa adsorben dalam kolom sebesar 5 gram dan 7,5 gram, serta waktu sampling 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100 menit, 120 menit, 140 menit dan 160 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1% dengan massa 7,5 gram yang paling optimal dalam menurunkan kadar Fe sebesar 92% dan Mn sebesar 93%.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, Kulit Udang, Kitosan, Natrium Tripolifosfat, Fe, Mn.

## **1. PENDAHULUAN**

Air sumur atau air tanah merupakan salah satu sumber air yang banyak digunakan oleh masyarakat. Namun, sebagian air sumur tidak layak untuk digunakan karena memiliki kandungan polutan berbahaya seperti logam berat. Air sumur atau air tanah pada umumnya sering ditemukan kandungan ion besi (Fe) dan mangan (Mn) didalamnya. Kandungan Fe dan Mn dapat menyebabkan kekeruhan, korosi, kesadahan, serta

meninggalkan noda kekuningan pada permukaan benda (Hendrasarie & Prihantini, 2020). Selain itu, air yang memiliki kandungan logam Fe dan Mn menyebabkan air memiliki bau logam, memiliki rasa yang amis, dan berwarna kuning kecoklatan (Harimu et al., 2020).

Metode yang umum diterapkan untuk mengolah air sumur yang memiliki kandungan Fe dan Mn yaitu metode adsorpsi, metode pertukaran ion, metode membran, dan metode presipitasi. Untuk menghilangkan kandungan logam berat pada air dapat dilakukan dengan proses adsorpsi. Salah satu bahan adsorben yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi adalah arang aktif (Utomo et al., 2018). Selain itu, menurut Ahmad et al., (2020), adsorben kitosan cukup efektif digunakan untuk menurunkan kadar logam terlarut di lingkungan. Kitosan alami dihasilkan dari limbah kulit udang/ *crustacean* dari sisa kulit, kepala, dan kaki.

Industri pengolahan makanan beku berbahan dasar udang biasanya hanya menggunakan dagingnya sehingga kulit dan bagian kepala udang tidak digunakan. Sehingga menyebabkan limbah kulit udang menumpuk. Kulit udang dapat digunakan sebagai kitosan karena kandungan protein pada kulit udang berkisar antara 25-40%, kalsium karbonat berkisar antara 45-50%, serta kitin berkisar antara 15-20%. Kandungan kulit udang berbeda tergantung jenis udang dan tempat hidupnya (Puspawati & Simpen, 2010).

Salah satu kelemahan dari kitosan adalah kekuatan struktur mekanik dan stabilitas yang rendah. Dalam keadaan murni, kitosan dapat larut dalam cairan yang memiliki pH rendah. Oleh karena itu, penggunaan kitosan kurang efektif dalam mengolah larutan dengan pH rendah (Upadhyay et al., 2021). *Cross-linking* atau pengikatan silang merupakan modifikasi yang umum digunakan untuk meningkatkan struktur mekanik dan mengurangi kelarutan dari suatu bahan (Mao et al., 2015).

Penambahan natrium tripolifosfat ke dalam larutan kitosan yang bersifat asam menyebabkan gugus amina positif kitosan berikatan dengan gugus fosfat negatif dari natrium tripolifosfat (Ribeiro et al., 2020). Polianion tripolifosfat dan polikation kitosan yang berikatan dapat meningkatkan gugus -OH dan fosfat yang juga berfungsi sebagai basa lewis yang mampu menambah kemampuan adsorpsi kitosan (Khabibi et al., 2021). Ikatan silang antara muatan positif dari kitosan dengan muatan negatif dari tripolifosfat, menyebabkan semakin banyak terbentuknya gugus aktif dalam kitosan-tripolifosfat yang meningkatkan kapasitas penyerapan ion logam. Ion logam akan terprotonasi pada gugus amina kitosan yang sebelumnya telah berikatan dengan natrium tripolifosfat (Mao et al., 2015).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2021), Kulit udang diubah menjadi kitosan melalui dekalsifikasi, deproteinasi, dekolorisasi, dan deasetilasi. Kemudian kitosan dimodifikasi dengan ion Fe-Mn sehingga mampu meremoval 52% Cu dan 34% Cd. Perlakuan yang sama pada penelitian yang dilakukan Ahmad et al. (2020), namun kitosan dimodifikasi dengan tripolifosfat 0 gram, 2 gram dan 4 gram mampu mengadsorpsi Cu pada pH 3-7 diatas 90%. Terdapat juga penelitian terkait yang dilakukan dengan metode *batch* dan *continue*. Menurut Núñez-Gómez et al. (2019), adsorben dari kulit udang dicuci dan keringkan dalam oven kemudian dilakukan proses adsorpsi menggunakan kolom kontinyu mampu menurunkan ion logam Fe 90% dan Mn 88% dengan model isotherm Freundlich. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Hamidi et al. (2021), ikatan silang kitosan komersial menggunakan tripolifosfat diadsorpsikan secara *batch* dengan kecepatan 150 rpm dan variasi waktu 0-150 menit.

didapatkan efisiensi penyisihan tertinggi 75% pada pH 6, removal tertinggi 61% untuk konsentrasi awal As 0,5mg/L, removal tertinggi 57% untuk dosis adsorben 0,5 g / L. Konsentrasi kesetimbangan arsenik ditentukan dan dicocokkan dengan isoterm Langmuir, Freundlich, dan Temkin. Menurut Khabibi et al. (2021), kitosan yang dimodifikasi melalui ikatan silang dengan natrium tripolifosfat pada uji ion Mn (II) 9,99 mg/gram lebih baik dibandingkan adsorpsi dengan kitosan tanpa modifikasi 7,82 mg/gram.

Berdasarkan beberapa penelitian terkait, penulis melakukan percobaan terhadap limbah cangkang udang yang diolah menjadi kitosan dan dimodifikasi dengan natrium tripolifosfat. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh natrium tripolifosfat pada proses pembuatan adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat dan mengetahui jenis dan massa adsorben yang optimal terhadap penurunan logam Fe dan Mn pada air sumur, mengetahui efektivitas adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat terhadap titik jenuh, dan mengetahui kapasitas adsorpsi dari adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat terbaik dengan menggunakan pemodelan Thomas. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan nilai guna limbah kulit udang menjadi adsorben, mengetahui gugus fungsi kitosan kulit udang dan kitosan kulit udang-tripolifosfat, serta mampu menambah informasi seberapa besar efisiensi adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat terhadap penurunan logam Fe dan Mn pada air sumur.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Percobaan dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN Veteran Jawa Timur. Sampel air sumur yang digunakan berasal dari Kota Kediri.

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri atas reactor *fixed bed column*, buret, gelas ukur, pipet, timbangan digital, ayakan, kertas saring, *magnetic stirrer*, oven, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Sedangkan bahan yang digunakan terdiri atas air sumur, kulit udang, aquades, NaOH, HCl, natrium tripolifosfat, dan asam asetat.

### 2.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja terdiri atas dua bagian, yaitu bagian pertama persiapan pembuatan adsorben kitosan dari limbah kulit udang dan bagian kedua yaitu proses adsorpsi kitosan tripolifosfat dengan sistem kolom.

#### 2.2.1 Pre-Treatment Adsorben

Limbah kulit udang yang telah dikumpulkan kemudian dicuci hingga bersih dan dijemur hingga kering. Cangkang udang kering digiling dengan *blender* kemudian diayak dengan saringan 100 mesh.

#### 2.2.2 Proses Demineralisasi

Kulit udang yang telah diayak dilarutkan menggunakan HCl 1 N (1:7) (b/v). Kemudian larutan dipanaskan pada suhu 80-90<sup>0</sup> C sambil diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Setelah dingin, endapan disaring dan dicuci hingga pH netral kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100<sup>0</sup> C hingga kering.

#### 2.2.3 Proses Deproteinasi

Kulit udang dilarutkan menggunakan NaOH 3,5% (1:10) (b/v). Kemudian larutan tersebut dipanaskan pada suhu 80-90<sup>0</sup>C dengan pengadukan 200 rpm selama 1 jam.

Setelah dingin, endapan disaring dan dicuci hingga pH netral kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100<sup>0</sup> C hingga kering.

#### 2.2.4 Proses Deasetilasi

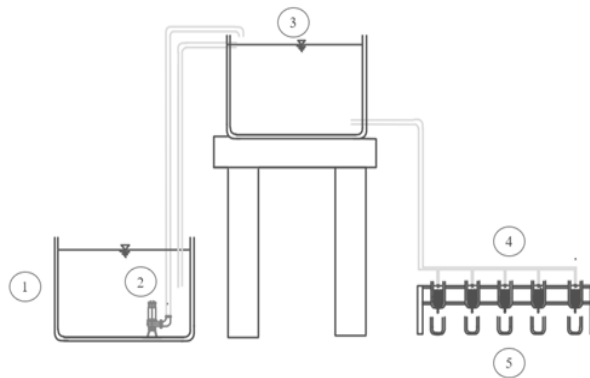
Mencampurkan kitin dengan NaOH 50% dengan perbandingan 1:15 (b/v). Kemudian campuran tersebut dipanaskan pada suhu 80-90<sup>0</sup>C dengan pengadukan 200 rpm selama 2 jam. Setelah dingin, endapan disaring dan dicuci hingga pH netral kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100<sup>0</sup> C hingga kering.

#### 2.2.5 Kitosan Tripolifosfat

Sebanyak 3 gram kitosan dicampur dengan 100 ml asam asetat 1% hingga larut, kemudian melarutkan natrium tripolifosfat dengan konsentrasi 0,25%; 0,50%;1%. Larutan kitosan diteteskan pada natrium tripolifosfat sambil diaduk dengan kecepatan 1000 rpm selama 2jam. Kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105<sup>0</sup>C.

#### 2.2.6 Proses Adsorpsi Kitosan Tripolifosfat dengan Sistem Kolom

Debit air sampel diatur menjadi 5 ml/min. Kemudian air dialirkan menuju ke kolom yang telah diisi adsorben. Setelah melalui kolom, maka air ditampung di bak penampung akhir dan dilakukan analisis sesuai dengan parameter yang ditentukan.



Gambar 1. Reaktor *fixed bed column*  
Sumber: Dokumentasi penulis

- Uraian :
- 1 = Bak penampung sampel
  - 2 = Pompa dan pipa inlet
  - 3 = Bak ekualisasi
  - 4 = Kolom adsorpsi
  - 5 = Zona sampling

### 2.3 Variabel

Variabel penelitian ini terdiri atas variabel kontrol dan variabel bebas serta parameter yang diuji. Adapun variabel tersebut adalah sebagai berikut:

#### 2.3.1 Variabel Pembuatan Kitosan-TPP

- 1. Variabel Bebas
  - a. Konsentrasi Na-TPP = 0,25%; 0,5;1%
- 2. Variabel Tetap
  - a. Massa Kitosan = 3 gram
  - b. Kecepatan pengadukan = 1000 rpm

- c. Asam asetat = 1%
- d. Lama pengadukan = 2 jam

### 2.3.2 Uji Kolom Adsorben Kitosan-TPP

#### 1. Variabel Bebas

- a. Konsentrasi Na-TPP = 0,25%; 0,5; 1%
- b. Massa adsorben di kolom= 5 gram dan 7,5 gram
- c. Waktu sampling = 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100menit, 120 menit, 140 menit, 160 menit

#### 2. Variabel Tetap

- a. Debit air sampel = 5 ml/min
- b. Diameter kolom = 2,5 cm

#### 3. Variabel Kontrol

- a. Kitosan

## 2.4 Analisis

### 2.4.1 Analisis parameter sampel air

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur. Sampel air akan dianalisis berdasarkan parameter yang digunakan yaitu logam Fe dan Mn. Metode yang digunakan untuk melakukan analisis Fe dan Mn adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Metode Pengujian Air Sampel

No.	Parameter	Metode
1.	Fe	SNI 06-6989.4-2004
2.	Mn	SNI 06-6989.5-2004

Sampel air sumur yang telah diperoleh dilakukan analisis awal dengan hasil analisis disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Awal Sampel Air Sumur

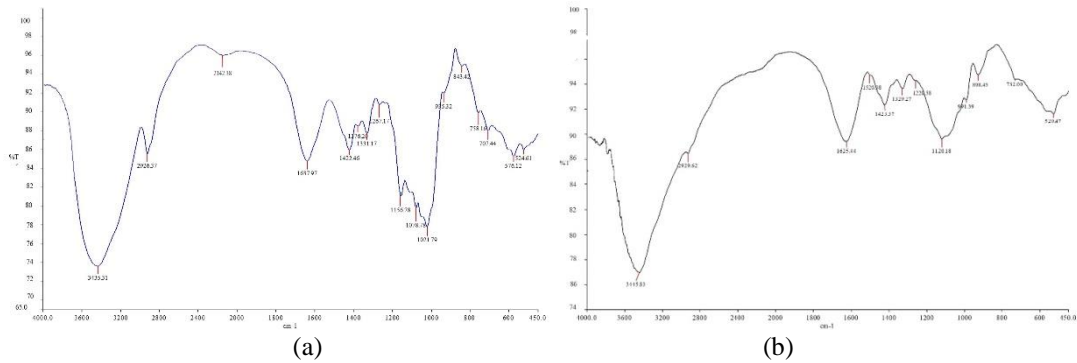
No.	Parameter	Hasil Analisa	Nilai Baku Mutu	Satuan	Standar Baku Mutu
1.	Fe	2,75	1	Mg/L	Permenkes No. 32 Tahun 2017
2.	Mn	4,71	0,5	Mg/L	

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penambahan natrium tripolifosfat pada proses pembuatan adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat

#### 3.1.1 Gugus Fungsi

Pada penelitian ini, gugus fungsi pada kitosan dan kitosan-natrium tripolifosfat dianalisis menggunakan spektrofotometri FTIR. FTIR telah banyak digunakan untuk menganalisis dan mengkarakterisasi suatu bahan. Hasil FTIR dapat ditunjukkan pada Gambar 2a. FTIR Kitosan kulit udang dan Gambar 2b. FTIR Kitosan kulit udang-tripolifosfat 1%.



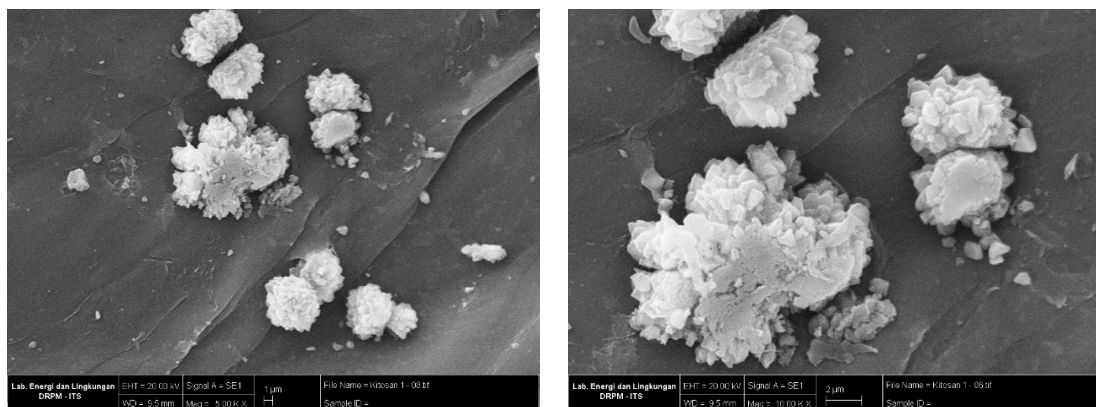
Gambar 2. (a) FTIR Kitosan Kulit Udang, (b) FTIR Kitosan kulit udang-tripolifosfat 1%  
 Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan Spektrum FTIR kitosan kulit udang pada Gambar 2a. terdapat vibrasi N-H ulur yang tumpang tindih dengan vibrasi -OH ulur dengan puncak 3435,31/cm, vibrasi C-H ulur dengan puncak 2926,37/cm dan 2142,38/cm, vibrasi C=O ulur dengan puncak 1637,97/cm, vibrasi ulur -OH dengan puncak 1422,46, vibrasi C-H dengan puncak 1376,20/cm, vibrasi C-O dengan puncak 1078,78/cm dan 1021,79/cm.

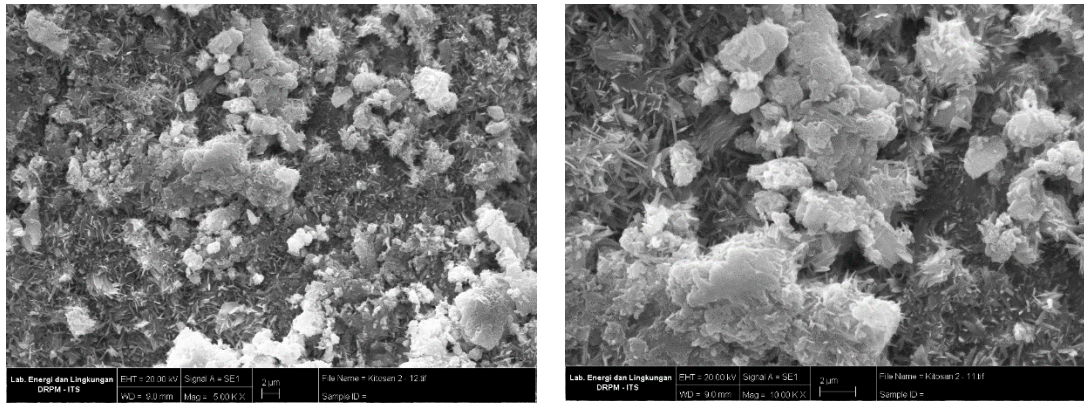
Berdasarkan Spektrum FTIR kitosan kulit udang-tripolifosfat 1% pada Gambar 2b. vibrasi N-H ulur yang tumpang tindih dengan vibrasi -OH ulur dengan puncak 3445,83/cm, vibrasi C-H ulur dengan puncak 2926,37/cm, vibrasi C=O ulur dengan puncak 1625,44/cm, vibrasi ulur N-O-P dengan puncak 1520,38/cm, vibrasi ulur -OH dengan puncak 1423,37/cm, vibrasi C-H dengan puncak 1329,27/cm, vibrasi ulur P=O dengan puncak 1220,58/cm, vibrasi ulur O-P=O dengan puncak 1120,18/cm, vibrasi P-O-P dengan puncak 898,45/cm. Munculnya vibrasi ini menandakan terbentuknya ikatan dari kitosan dengan natrium tripolifosfat (Ahmad et al., 2020).

### 3.1.2 Uji SEM

Uji SEM digunakan untuk mengetahui permukaan dan pori yang terdapat pada suatu bahan. Permukaan dan morfologi pori dari adsorben kitosan kulit udang dan adsorben kitosan kulit udang-tripolifosfat dapat dilihat pada Gambar 4.3 SEM Kitosan kulit udang dan Gambar 4.4 SEM Kitosan kulit udang-tripolifosfat 1%



Gambar 3. Hasil Uji SEM Kitosan Kulit Udang  
 Sumber: Hasil analisis

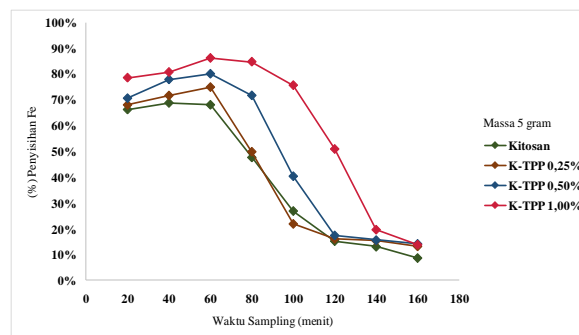


Gambar 4. Hasil Uji SEM Kitosan Kulit Udang- tripolifosfat 1%  
Sumber: Hasil analisis

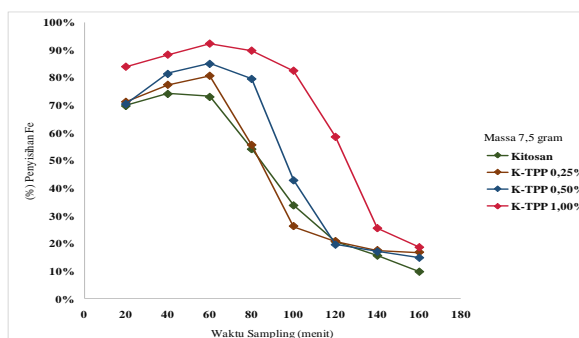
Berdasarkan Gambar 3. SEM Kitosan kulit udang dan Gambar 4. SEM Kitosan kulit udang-tripolifosfat 1% pada perbesaran sepuluh ribu kali menunjukkan bahwa dengan penambahan natrium tripolifosfat menyebabkan rantai-rantai kitosan berikatan silang sehingga membentuk partikel yang lebih kecil. Selain itu, penambahan natrium tripolifosfat pada kitosan membentuk struktur yang lebih kaku sehingga menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar (Nitsae et al., 2015)

### 3.2 Penyisihan Fe dan Mn

Terdapat beberapa macam adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu adsorben kitosan sebagai control serta kitosan yang telah ditambah dengan natrium tripolifosfat 0,25%; 0,5%; dan 1%. Massa adsorben yang digunakan terdiri dari 5 gram dan 7,5 gram. Adsorpsi dilakukan pada kolom dengan diameter 2,5 cm dan tinggi kolom adsorpsi 18 cm. Debit yang ditetapkan 5 ml/menit. Kemampuan adsorben kitosan untuk menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) terlarut dengan membandingkan persen penurunan terhadap waktu sampling pada setiap variasi massa.



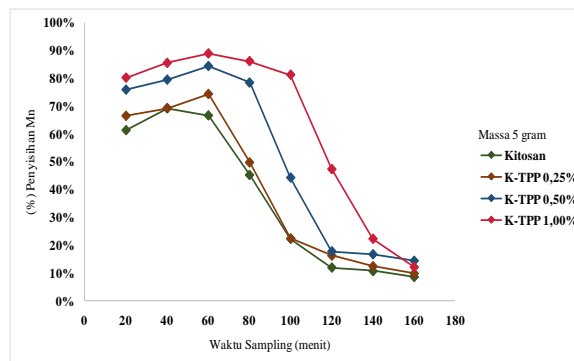
Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu Sampling Terhadap Persen Removal Fe Pada Massa Adsorben 5 gr  
Sumber: Hasil analisis



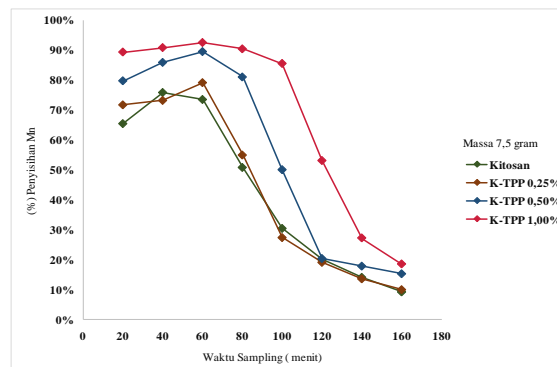
Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu Sampling Terhadap Persen Removal Fe Pada Massa Adsorben 7,5 gr  
Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan pada grafik di atas, dapat diketahui hasil adsorpsi logam besi (Fe) pada massa 5 gram dan 7,5 gram dengan masing-masing waktu sampling. Kemampuan adsorpsi logam besi (Fe) oleh kitosan dapat terjadi dikarenakan adanya gugus aktif pada kitosan yaitu gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) dan gugus hidroksil (OH). Hal ini membuat kitosan menjadi reaktif sehingga kitosan dapat berfungsi sebagai penukar ion dan sebagai adsorben terhadap logam besi (Fe) (Iriana et al., 2018).

Waktu sampling ke-1 diambil setelah air sumur tepat keluar dari kolom dan pengambilan dilanjutkan berturut-turut pada menit ke 20, 40, 80, 100, 120, 140, dan 160. Diperoleh data hasil penyisihan Fe tertinggi yaitu pada penggunaan adsorben kitosan-tripolifosfat 1% sebanyak 5 gram dengan persen penyisihan Fe sebesar 86%, sedangkan penggunaan adsorben kitosan-tripolifosfat sebanyak 7,5 gram, didapatkan persen penyisihan tertinggi yaitu Fe sebesar 92%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah adsorben yang digunakan maka luas permukaan adsorben yang digunakan untuk mengikat adsorbat pun semakin besar sehingga meningkatkan efisiensi penyisihannya (Arif, 2014).



Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu Sampling Terhadap Persen Removal Mn Pada Adsorben 5 gr  
Sumber: Hasil analisis



Gambar 8. Grafik Hubungan Waktu Sampling Terhadap Persen Removal Mn Pada Adsorben 7,5 gr  
Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan pada grafik di atas, dapat diketahui hasil adsorpsi logam mangan (Mn) pada massa 5 gram dan 7,5 gram dengan masing-masing waktu sampling. Kemampuan adsorpsi logam mangan (Mn) oleh kitosan dapat terjadi dikarenakan adanya gugus aktif pada kitosan yaitu gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) dan gugus hidroksil (OH). Hal ini membuat kitosan menjadi reaktif sehingga kitosan dapat berfungsi sebagai penukar ion dan sebagai adsorben terhadap logam mangan (Mn) (Iriana et al., 2018).

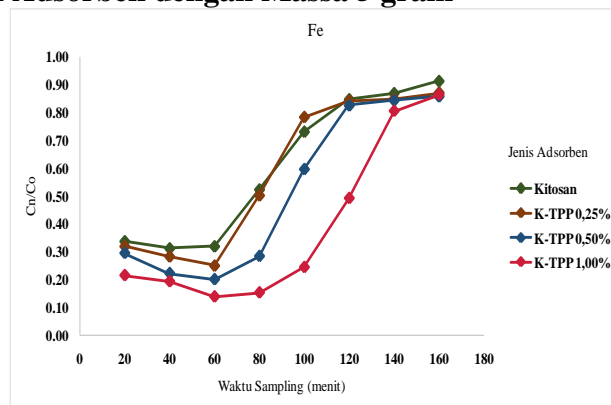


Waktu sampling ke-1 diambil setelah air sumur tepat keluar dari kolom dan pengambilan dilanjutkan berturut-turut pada menit ke 20, 40, 80, 100, 120, 140, dan 160. Diperoleh data hasil penyisihan Mn tertinggi yaitu pada penggunaan adsorben kitosan-tripolifosfat 1% sebanyak 5 gram dengan persen penyisihan Mn sebesar 89%, sedangkan penggunaan adsorben kitosan-tripolifosfat sebanyak 7,5 gram, didapatkan persen penyisihan tertinggi yaitu Mn sebesar 93%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah adsorben yang digunakan maka luas permukaan adsorben yang digunakan untuk mengikat adsorbat pun semakin besar sehingga meningkatkan efisiensi penyisihannya (Arif, 2014). Selain itu, terdapat peningkatan kemampuan adsorpsi seiring dengan penambahan natrium tripolifosfat sehingga penambahan natrium tripolifosfat sebagai agen pengikat silang berpengaruh terhadap kitosan. Semakin besar konsentrasi natrium tripolifosfat maka akan semakin stabil (Askia et al., 2021).

### 3.3 Efektivitas Adsorben Terhadap Titik Jenuh

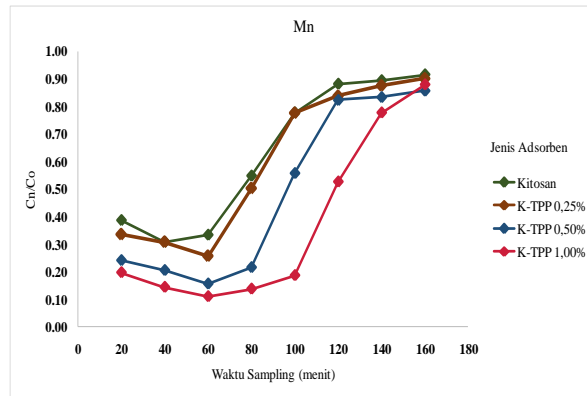
Titik jenuh pada adsorben digunakan untuk mengetahui kapan adsorben diregenerasi atau konsentrasi adsorbat mulai kembali pada konsentrasi awalnya. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara titik jenuh dari adsorben kitosan, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,50%, dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1%.

#### 3.3.1 Titik Jenuh Adsorben dengan Massa 5 gram



Gambar 9. Grafik Waktu Jenuh Adsorben 5 gram Pada Parameter Fe  
Sumber: Hasil Analisis

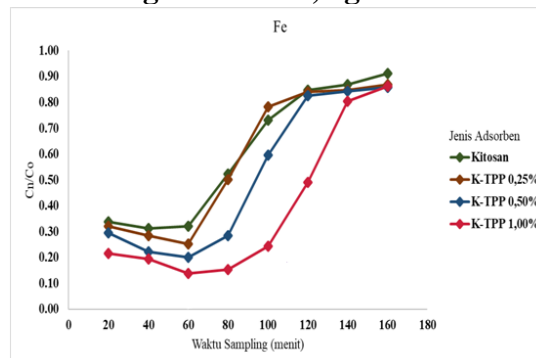
Berdasarkan pada Gambar 9. waktu jenuh adsorben terhadap logam Fe dari adsorben kitosan, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, adsorben kitosan natrium tripolifosfat 0,50%, dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1% dengan massa masing-masing 5 gram. Didapatkan bahwa adsorben kitosan mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben dari kitosan-natrium tripolifosfat 0,50% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1,00% mulai jenuh pada menit ke-120 setelah itu terus mengalami jenuh.



Gambar 8. Grafik Waktu Jenuh Adsorben 5 gram Pada Parameter Mn  
Sumber: Hasil Analisis

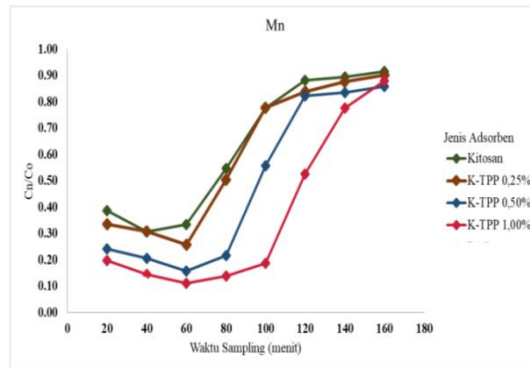
Berdasarkan pada Gambar 8. waktu jenuh adsorben terhadap logam Mn dari adsorben kitosan, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,50%, dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1%, dengan massa masing-masing 5 gram. Didapatkan bahwa adsorben kitosan mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben dari kitosan-natrium tripolifosfat 0,50% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1,00% mulai jenuh pada menit ke-120 setelah itu terus mengalami jenuh.

### 3.3.2 Titik Jenuh Adsorben dengan Massa 7,5 gram



Gambar 11. Grafik Waktu Jenuh Adsorben 7,5 gram Pada Parameter Fe  
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan pada gambar 11. waktu jenuh adsorben terhadap logam Fe dari adsorben kitosan, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,50%, dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1% dengan massa masing-masing 5 gram. Didapatkan bahwa adsorben kitosan mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben dari kitosan-natrium tripolifosfat 0,50% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1,00% mulai jenuh pada menit ke-120 setelah itu terus mengalami jenuh.



Gambar 12. Grafik Waktu Jenuh Adsorben 7,5 gram Pada Parameter Mn  
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan pada gambar 12. waktu jenuh adsorben terhadap logam Mn dari adsorben kitosan, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,50%, dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1% dengan massa masing-masing 5 gram. Didapatkan bahwa adsorben kitosan mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 0,25% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Adsorben dari kitosan-natrium tripolifosfat 0,50% mulai mengalami kondisi jenuh pada menit ke-80 dan terus mengalami jenuh setelahnya. Dan adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1,00% mulai jenuh pada menit ke-120 setelah itu terus mengalami jenuh.

Adsorben kitosan mengalami titik jenuh dikarenakan permukaan adsorben telah dipenuhi ion logam Mn maupun ion logam Fe dan gugus aktif pada kitosan telah berkurang akibat bereaksi dengan ion logam Mn. Sedangkan pada adsorben kitosan dengan penambahan natrium tripolifosfat mengalami titik jenuh yang lebih lama seiring dengan peningkatan penambahan konsentrasi natrium tripolifosfat. Hal ini karena gugus aktif pada kitosan dengan penambahan natrium tripolifosfat mengalami peningkatan akibat *crosslinking* (Noviana et al., 2020).

### 3.4 Penentuan Kapasitas Adsorbansi dengan Pemodelan Thomas

Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi (mg/g) dan model kinetika adsorpsi, dilakukan percobaan dengan metode kolom tunggal, air sumur sebagai adsorbat, kitosan, kitosan-natrium tripolifosfat 0,25%, kitosan-natrium tripolifosfat 0,50%, serta kitosan-natrium tripolifosfat 1,00% sebagai adsorben, dan waktu pengambilan sampel dasar untuk pengambilan data. Pada penelitian ini, sistem adsorpsi kontinu menggunakan *fixed bed column* yang dianalisis dengan model Thomas. Perhitungan Model Thomas dilakukan pada massa adsorben 7,5 gram yaitu pada persentase penyisihan terbaik.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pemodelan Thomas

Jenis Adsorben	Parameter	Persamaan Linear	R2	Kth	qo
K-TTP 1%	Fe	$Y = -0.0264X + 3.2864$	0,7017	0,0096	0,22822
	Mn	$Y = -0.0294X + 3.7248$	0,7943	0,006242038	0,39782

Persamaan pada Gambar 13. dan Gambar 14. kemudian digunakan untuk perhitungan model Thomas yaitu untuk perhitungan hasil konstanta (Kth) dan kapasitas adsorbansi kolom (qo) pada proses adsorpsi parameter Fe dan Mn. Nilai Kth dan qo dapat ditentukan dari nilai *slope* dan *intercept* dari persamaan yang dihasilkan pada grafik di atas. Dari

persamaan tersebut diperoleh nilai Kth dan qo. Berdasarkan hasil yang diperoleh, konstanta Thomas (Kth) berbanding terbalik dengan kapasitas absorpsi (qo) dari masing-masing adsorben (Sari et al., 2013).

Dari perhitungan persamaan model Thomas didapat bahwa kapasitas adsorbansi tertinggi dicapai adsorben kitosan-natrium tripolifosfat 1% untuk massa 7,5 gram pada parameter Fe sebesar 0,2282 mg/g dan parameter Mn sebesar 0,3978 mg/g.

#### 4. KESIMPULAN

Penambahan natrium tripolifosfat 1% ke dalam kitosan kulit udang dilihat dengan adanya puncak 1220,58 merupakan gugus fungsi uluran P=O, adanya puncak 1520,38 merupakan gugus fungsi uluran N-O-P, adanya puncak 1120,18 merupakan gugus fungsi uluran simetris dan antisimetris O-P=O, dan 898,45 merupakan gugus fungsi uluran P-O-P. Kitosan-natrium tripolifosfat 1% dengan massa 7,5 gram menjadi adsorben yang paling optimal, dan mampu menurunkan kadar Fe sebesar 92% serta Mn sebesar 93% dengan kapasitas adsorbansi Kitosan-natrium tripolifosfat 1% yaitu Fe sebesar 0,2282 mg/g dan parameter Mn sebesar 0,3978 mg/g.

#### REFERENCES

- Ahmad, Khabibi, Nuryanto, R., & Haris, A. (2020). Adsorpsi Ion Tembaga (Ii) Dengan Kitosan Dari Kulit Udang Putih Yang Termodifikasi Tripolifosfat. *Http://Ejurnal.Binawakya.or.Id/Index.Php/MBI*, 14(6), 2781–2790.
- Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule*) Terhadap Penurunan Fenol. *Fakultas Sains Dan Teknologi*, 564, 1–73.
- Askia, J., Ariyani, D., & Santoso, U. T. (2021). Sintesis Beads Kitosan Terikat-Silang Tripoliosfat Dengan Penambahan Porogen Untuk Absorpsi Asam Humat. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 15(1), 64. <https://doi.org/10.20527/jstk.v15i1.9706>
- Hamidi, F., Azadi Aghdam, M., Johar, F., Mehdienejad, M. H., & Baghani, A. N. (2021). Ionic gelation synthesis, characterization and adsorption studies of cross-linked chitosan-tripolyphosphate (CS-TPP) nanoparticles for removal of As (V) ions from aqueous solution: kinetic and isotherm studies. *Toxin Reviews*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/15569543.2021.1933532>
- Harimu, L., Haetami, A., Sari, C. P., Haeruddin, H., & Nurlansi, N. (2020). Perbandingan Kemampuan Aerasi Sembur (Spray) dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Buah Kakao untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan Pada Air Sumur Gali. *Indo. J. Chem. Res.*, 8(2), 137–143. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2020.8-hrm>
- Hendrasarie, N., & Prihantini, R. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Sampah Plastik Untuk Menurunkan Besi Dan Mangan Terlarut Pada Air Sumur. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 136–146. <https://doi.org/10.20527/jukung.v6i2.9256>
- Iriana, D. D., Sedjati, S., & Yulianto, B. (2018). Kemampuan Adsorpsi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Logam Timbal. *Journal of Marine Research*, 7(4), 303–309.
- Khabibi, Suprihatin, & Rum. (2021). Modifikasi Kitosan Melalui Taut Silang Dengan Natrium Tripolifosfat Sebagai Adsorben Ion Mn(II). *Http://Ejurnal.Binawakya.or.Id/Index.Php/MBI*, 15(8), 5001–5008.
- Mao, C., Imtiaz, S. A., & Zhang, Y. (2015). Competitive adsorption of Ag (I) and Cu (II) by tripolyphosphate crosslinked chitosan beads. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(43). <https://doi.org/10.1002/app.42717>
- Noviana, M., Mahatmanti, F. W., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2020). Indonesian Journal of Chemical Science Preparasi Komposit Kitosan-Alumina Beads sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium(II) dan Nikel(II) dalam Larutan. *J. Chem. Sci*, 9(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>

- Núñez-Gómez, D., Rodrigues, C., Lapolli, F. R., & Lobo-Recio, M. Á. (2019). Adsorption of heavy metals from coal acid mine drainage by shrimp shell waste: Isotherm and continuous-flow studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.032>
- Puspawati, N., & Simpen, I. (2010). Optimasi Deasetilasi Khitin Dari Kulit Udang Dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran Seafood Menjadi Khitosan Melalui Variasi Konsentrasi NaOH. *Jurnal Kimia*, 4(1), 79–90.
- Ribeiro, E. F., de Barros-Alexandrino, T. T., Assis, O. B. G., Junior, A. C., Quiles, A., Hernando, I., & Nicoletti, V. R. (2020). Chitosan and crosslinked chitosan nanoparticles: Synthesis, characterization and their role as Pickering emulsifiers. *Carbohydrate Polymers*, 250(May), 116878. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116878>
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitriani, N., & Ullfindrayani, I. F. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 127. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v3i1.3528>
- Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, Z., Cui, W., Zhang, X., & Wang, S. (2021). Removing copper and cadmium from water and sediment by magnetic microspheres - MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/chitosan prepared by waste shrimp shells. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104647. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104647>