

SINTESIS DAN APLIKASI KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG KEPITING SEBAGAI KOAGULAN ALAMI UNTUK PENGOLAHAN AIR FORMASI INDUSTRI MIGAS

SYNTHESIS AND APPLICATION OF CHITOSAN DERIVED FROM CRAB SHELL WASTE AS A NATURAL COAGULANT FOR PRODUCED WATER TREATMENT IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Euis Kusniawati¹⁾, Rahma Nuryanti²⁾, Rama Jesta³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Analisis Laboratorium Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: euis@pap.ac.id

Abstract: Produced water is the largest waste stream generated during oil and gas production, often characterized by high turbidity and Total Suspended Solids (TSS). The use of synthetic coagulants, while effective, can lead to chemical residues. This study aims to evaluate the potential of chitosan, synthesized from crab shell waste, as a natural coagulant for produced water treatment. Chitosan was produced through deproteinization, demineralization, and deacetylation processes. Its coagulation performance was tested using the jar test method with varying doses (0.1–0.4 grams) on a produced water sample. The analysis focused on pH, TSS, Total Dissolved Solids (TDS), and turbidity. The results indicated that a chitosan dose of 0.2 grams was the most effective, reducing turbidity from 5.7 NTU to 5.2 NTU. However, TSS and TDS values increased after chitosan addition. This is attributed to the alkaline pH of the system (pH 8.6–8.9), which hinders the optimal protonation of chitosan's amine groups. This study confirms that chitosan has potential as a natural coagulant, but its effectiveness is highly dependent on pH control and dose optimization, laying the groundwork for a green treatment technology in the oil and gas industry.

Keywords: chitosan, coagulant, produced water, turbidity, crab shell waste.

Abstrak: Air formasi (produced water) merupakan limbah terbesar yang dihasilkan dari kegiatan produksi minyak dan gas bumi, dan sering kali memiliki kekeruhan (turbidity) serta Total Suspended Solid (TSS) yang tinggi. Penggunaan koagulan sintetis, meskipun efektif, dapat meninggalkan residu kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi kitosan yang disintesis dari limbah cangkang kepiting sebagai koagulan alami untuk pengolahan air formasi. Kitosan diproduksi melalui proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Kinerja koagulasinya diuji menggunakan metode jar test dengan variasi dosis (0,1–0,4 gram) pada sampel air formasi. Analisis difokuskan pada parameter pH, TSS, Total Dissolved Solid (TDS), dan turbidity. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis kitosan 0,2 gram adalah yang paling efektif, menurunkan turbidity dari 5,7 NTU menjadi 5,2 NTU. Namun demikian, nilai TSS dan TDS mengalami peningkatan setelah penambahan kitosan. Hal ini disebabkan oleh pH sistem yang basa (pH 8,6–8,9), yang menghambat protonasi optimal gugus amina pada kitosan. Studi ini menegaskan bahwa kitosan berpotensi sebagai koagulan alami, namun efektivitasnya sangat bergantung pada kontrol pH dan optimasi dosis, serta menjadi landasan bagi pengembangan teknologi pengolahan ramah lingkungan (green treatment technology) di industri migas. Kata kunci: air formasi, kitosan, koagulan, limbah cangkang kepiting, turbidity.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas bumi (migas) merupakan salah satu sektor strategis yang berkontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Namun demikian, kegiatan produksi migas menghasilkan limbah cair dalam jumlah signifikan berupa air formasi (*produced water*). Volume air formasi dapat mencapai beberapa kali lipat dibandingkan produksi minyak, terutama pada lapangan yang telah mature. Air formasi umumnya mengandung padatan

tersuspensi (TSS), kekeruhan (turbidity), serta total dissolved solids (TDS) yang tinggi akibat kandungan garam dan mineral terlarut. Jika tidak dikelola dengan baik, air formasi berpotensi mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak ekologis jangka panjang.

Pengolahan air formasi pada industri migas umumnya menggunakan proses fisika-kimia seperti koagulasi-flokulasi dengan koagulan anorganik (misalnya alum dan PAC) atau polimer sintetis. Meskipun efektif,

penggunaan bahan kimia sintetis memiliki beberapa keterbatasan, antara lain pembentukan lumpur kimia dalam jumlah besar, potensi residu berbahaya, serta ketergantungan terhadap bahan impor. Seiring meningkatnya tuntutan penerapan prinsip *Environmental, Social, and Governance* (ESG) serta konsep *green industry*, diperlukan alternatif koagulan yang lebih ramah lingkungan, biodegradable, dan berbasis sumber daya lokal.

Kitosan merupakan biopolimer hasil deasetilasi kitin yang banyak terdapat pada limbah cangkang kepiting dan udang. Indonesia sebagai negara maritim memiliki ketersediaan limbah perikanan yang melimpah, namun pemanfaatannya masih terbatas. Kitosan memiliki gugus amina ($-NH_2$) yang dalam kondisi asam dapat terprotonasi menjadi bermuatan positif ($-NH_3^+$), sehingga mampu menetralkan partikel koloid bermuatan negatif melalui mekanisme *charge neutralization* dan *polymer bridging*. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kitosan efektif sebagai koagulan alami pada limbah tekstil, limbah domestik, dan air permukaan, namun kajian aplikasinya pada air formasi industri migas masih relatif terbatas.

Air formasi memiliki karakteristik kimia yang kompleks, terutama kadar TDS yang tinggi dan pH yang cenderung netral hingga basa. Kondisi ini berpotensi mempengaruhi efektivitas kitosan sebagai koagulan, mengingat kinerja kitosan sangat dipengaruhi oleh pH dan dosis aplikasi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian eksperimental untuk mengevaluasi kinerja kitosan hasil sintesis dari limbah cangkang kepiting dalam menurunkan parameter kekeruhan (*turbidity*), TSS, serta menganalisis pengaruhnya terhadap pH dan TDS air formasi.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, penulis hanya membahas dari sintesa kitosan dan kemampuan kitosan dalam meningkatkan kualitas air.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi potensi kitosan

yang disintesis dari limbah cangkang kepiting sebagai koagulan alami dalam pengolahan air formasi industri migas, serta menganalisis pengaruh variasi dosis kitosan terhadap parameter kualitas air seperti *turbidity*, TSS, TDS, dan pH.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Secara ilmiah, memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan air formasi berbasis biopolimer ramah lingkungan serta memperkaya kajian tentang aplikasi kitosan dalam industri migas.
2. Secara praktis, menyediakan alternatif koagulan alami yang berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis dalam pengolahan limbah migas.
3. Secara lingkungan dan ekonomi, mendukung pemanfaatan limbah cangkang kepiting menjadi produk bernilai tambah sehingga selaras dengan konsep *green technology* dan *circular economy*.

2. TEORI DASAR

2.1 Air Formasi (*Produced Water*) pada Industri Migas

Air formasi (*produced water*) merupakan air yang terperangkap dalam reservoir hidrokarbon dan ikut terproduksi selama proses eksploitasi minyak dan gas bumi. Pada lapangan migas yang telah mature, volume air formasi dapat mencapai lebih dari 80% total fluida produksi (Igunnu & Chen, 2014). Air formasi umumnya mengandung total dissolved solids (TDS) tinggi (10.000–200.000 mg/l), padatan tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, senyawa organik terlarut, ion anorganik (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}) dan pH netral hingga basa. Karakteristik ini menjadikan air formasi sebagai limbah kompleks yang memerlukan pengolahan sebelum dibuang atau diinjeksikan kembali ke reservoir (Wang, et.al., 2021). Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu metode fisika-kimia yang banyak digunakan sebagai tahap awal pengolahan air formasi untuk menurunkan *turbidity* dan TSS.

2.2 Parameter Kualitas Air

a. pH

pH merupakan parameter penting dalam proses koagulasi karena mempengaruhi muatan permukaan partikel dan derajat ionisasi koagulan. Dalam sistem berbasis kitosan, efektivitas sangat bergantung pada kondisi pH karena gugus amina ($-\text{NH}_3$) akan terprotonasi menjadi $-\text{NH}_3^+$ pada kondisi asam (Rinaudo, 2006). Pada kondisi basa, gugus amina tidak terprotonasi secara optimal sehingga muatan positif kitosan berkurang. Akibatnya, kemampuan netralisasi partikel bermuatan negatif menjadi tidak maksimal dan efisiensi koagulasi dapat menurun.

b. Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah partikel padat yang tidak larut dan tersuspensi dalam air. Koagulasi bertujuan mendestabilisasi partikel tersebut melalui netralisasi muatan dan pembentukan flok besar yang mudah mengendap (Renault, et.al., 2009).

c. Turbidity

Turbidity menunjukkan tingkat kekeruhan air akibat partikel koloid dan tersuspensi. Parameter ini sering digunakan sebagai indikator efektivitas proses koagulasi-flokulasi. Penurunan *turbidity* biasanya berbanding lurus dengan penurunan TSS, meskipun dalam beberapa kasus dapat terjadi perbedaan akibat keberadaan partikel sangat halus atau mikroflok.

d. Total Dissolved Solid (TDS)

TDS adalah jumlah zat terlarut dalam air yang terdiri dari ion dan mineral. Berbeda dengan TSS, TDS tidak efektif dihilangkan melalui koagulasi sederhana dan biasanya memerlukan teknologi lanjutan seperti reverse osmosis atau ion exchange (Wang, et.al., 2021). Kadar TDS yang tinggi meningkatkan salinitas air dan dapat mempengaruhi stabilitas flok dalam proses koagulasi.

2.3 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid bermuatan melalui penambahan koagulan, sedangkan flokulasi adalah pembentukan agregat partikel menjadi flok yang lebih besar. Menurut Renault, et.al. (2009), mekanisme koagulasi polimer meliputi:

(1) *Charge Neutralization*, (2) *Polymer Bridging*, dan (3) *Patch Mechanism*.

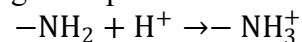
Efektivitas koagulasi dipengaruhi oleh dosis koagulan, pH sistem, serta karakteristik partikel dalam air limbah. Jika dosis terlalu rendah, partikel tidak terdestabilisasi secara optimal. Sebaliknya, jika dosis berlebih, dapat terjadi restabilisasi partikel yang menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan.

2.4 Kitin dan Kitosan

Kitin adalah polisakarida alami yang terdapat pada eksoskeleton krustasea. Kitosan diperoleh melalui proses deasetilasi kitin menggunakan larutan NaOH konsentrasi tinggi. Struktur kitosan tersusun atas unit D-glukosamin dengan gugus amina bebas ($-\text{NH}_3$). Keberadaan gugus amina inilah yang menjadikan kitosan bersifat polikationik pada kondisi asam (Rinaudo, 2006). Kitosan memiliki sifat *biodegradable*, *non - toxic*, biokompatibel dan ramah lingkungan. Karena sifat tersebut, kitosan banyak dikaji sebagai koagulan alami dalam pengolahan limbah dan dikembangkan sebagai bahan pengolahan limbah alternatif (Crini & Badot, 2019).

2.5 Mekanisme Kerja Kitosan sebagai Koagulan

Pada kondisi asam, gugus amina kitosan mengalami protonasi:



Muatan positif ini akan menarik partikel koloid bermuatan negatif melalui mekanisme netralisasi muatan dan polymer bridging (Vakili, et.al., 2014). Selain interaksi elektrostatik, kitosan juga dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals dengan partikel tersuspensi. Efektivitas mekanisme ini sangat dipengaruhi oleh berat molekul kitosan dan kondisi kimia air limbah. Pada pH basa, derajat protonasi menurun sehingga kemampuan kitosan sebagai koagulan berkurang.

2.6 Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai pemanfaatan kitosan sebagai koagulan alami telah banyak dilakukan pada berbagai jenis limbah cair industri maupun air permukaan. Mutakhabbatillah, S., dkk. (2021) melaporkan bahwa kitosan efektif menurunkan

nilai TSS dan turbidity pada sistem pengolahan air di Unit Water Treatment PPSDM Migas Cepu. Piluharto, B., dkk. (2018) meneliti penggunaan kitosan sebagai koagulan pada suspensi kaolin dan menunjukkan bahwa gugus amina ($-NH_2$) pada kitosan berperan dalam mekanisme netralisasi muatan dan pembentukan flok. Hendrawati, T., dkk. (2016) melaporkan bahwa kitosan dari limbah kulit udang mampu menurunkan kekeruhan dan memperbaiki kualitas air danau secara signifikan.

Pada tingkat internasional, Maćczak, P., dkk. (2023) melaporkan bahwa kitosan dan turunannya efektif dalam penghilangan turbidity dan ion logam pada air limbah pencucian filter. Selain itu, Rinaudo, M. (2006) menjelaskan secara komprehensif sifat kimia dan fisik kitosan, termasuk peran derajat deasetilasi dan berat molekul terhadap performa koagulasi.

Dari penelitian yang telah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa kitosan efektif menurunkan *turbidity* dan TSS pada berbagai jenis air limbah, efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh dosis dan pH sistem, dan mekanisme utama adalah netralisasi muatan dan *polymer bridging*. Penelitian ini memiliki kebaruan pada jenis air yang diuji (air formasi migas), sumber bahan baku (limbah cangkang kepiting), dan fokus pada parameter TDS, TSS, *turbidity*, dan pH secara simultan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorium yang bersifat terapan dalam pengolahan air menggunakan material *biopolymer*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 Mei s.d. 30 Juni 2025 di Laboratorium Kimia Politeknik Akamigas Palembang.

3.3 Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium (*true experimental design*) dengan pendekatan kuantitatif. Desain

yang digunakan adalah *Post-Test Only Control Group Design*, di mana sampel air formasi diberi perlakuan variasi dosis kitosan, kemudian dianalisis perubahan parameter kualitas air setelah perlakuan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Limbah Politeknik Akamigas Palembang pada bulan Februari 2026. Proses sintesis kitosan dari limbah cangkang kepiting dilakukan di Laboratorium Limbah. Sampel air formasi diperoleh dari salah satu lapangan produksi migas di wilayah Sumatera Selatan.

3.3 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang kepiting, HCl 1 N, NaOH 3,5%, NaOH 50%, dan sampel air formasi. Peralatan yang digunakan meliputi peralatan gelas, hot plate stirrer, oven pengering, timbangan analitik, jar test, pH meter digital, turbidimeter, TDS meter, dan peralatan filtrasi untuk analisis TSS.

3.4 Prosedur Penelitian

a. Sintesis Kitosan

Kitosan disintesis melalui tiga tahap utama:

1. Demineralisasi: Cangkang kepiting yang telah dibersihkan dan dihaluskan direndam dalam larutan HCl 1 N selama 24 jam untuk menghilangkan mineral ($CaCO_3$). Residu padatan kemudian dinetralkan dan dikeringkan.
2. Deproteinasi: Padatan hasil demineralisasi direndam dalam larutan NaOH 3,5 % pada suhu 65 °C selama 2 jam untuk menghilangkan protein. Padatan yang diperoleh (kitin) kemudian dinetralkan dan dikeringkan.
3. Deasetilasi: Kitin direfluks dengan larutan NaOH 50 % pada suhu 100 °C selama 2 jam untuk mengubah gugus asetil menjadi gugus amina, menghasilkan kitosan. Kitosan yang diperoleh dinetralkan, dikeringkan, dan dihaluskan.

b. Aplikasi Kitosan pada Air Formasi

Kitosan diaplikasikan pada sampel air formasi menggunakan metode *jar test* dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sampel air formasi sebanyak 500 ml dimasukkan ke dalam gelas piala.
2. Kitosan dengan variasi dosis (0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; dan 0,4 g) ditambahkan ke dalam sampel.
3. Pengadukan cepat dilakukan pada kecepatan 120 rpm selama 2 menit, diikuti pengadukan lambat pada kecepatan 40 rpm selama 15 menit.
4. Sampel didiamkan selama 30 menit untuk proses sedimentasi.
5. Supernatan yang diperoleh dianalisis parameter pH, TSS, TDS, dan *turbidity*.

3.5 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Efisiensi penurunan setiap parameter dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

Dimana:

C_0 = konsentrasi awal sebelum perlakuan

C_t = konsentrasi setelah perlakuan

Dosis optimum ditentukan berdasarkan efisiensi penurunan tertinggi, stabilitas nilai pH, dan tidak menyebabkan peningkatan kembali *turbidity* (restabilisasi partikel).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan pada air formasi dengan penambahan kitosan dari limbah cangkang kepiting, diperoleh data seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian

No.	Sampel	pH	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	<i>Turbidity</i>
1	Air Formasi	8,1	0,289	0,01816	5,7
2	Air Formasi + Kitosan 0,1 g	8,6	1,028	0,02933	5,4
	Air Formasi + Kitosan 0,2 g	8,7	1,034	0,0311	5,2
	Air Formasi + Kitosan 0,3 g	8,9	1,064	0,03024	5,3

No.	Sampel	pH	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	<i>Turbidity</i>
	Air Formasi + Kitosan 0,4 g	8,8	1,092	0,03014	5,4

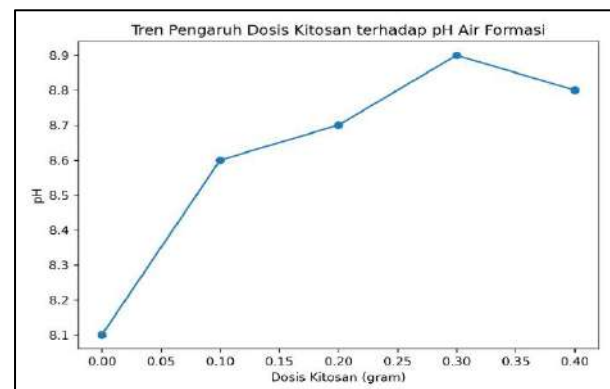
4.2 Pembahasan

a. Karakteristik Awal Air Formasi

Air formasi sebelum perlakuan memiliki pH 8,1; TSS 0,289 mg/l; TDS 0,01816 mg/l; dan *turbidity* 5,7 NTU. Nilai pH menunjukkan kondisi sedikit basa yang umum ditemukan pada air formasi industri migas akibat dominasi ion anorganik seperti Na^+ dan Cl^- . Menurut Igunnu & Chen (2014), air formasi umumnya memiliki salinitas tinggi dan pH netral hingga basa, yang dapat mempengaruhi efektivitas proses koagulasi berbasis polimer alami.

b. Pengaruh Kitosan terhadap pH

Air formasi awal memiliki pH 8,1 (basa lemah). Setelah penambahan kitosan, pH meningkat menjadi 8,6 – 8,9 seiring bertambahnya dosis kitosan (0,1 – 0,4 g).



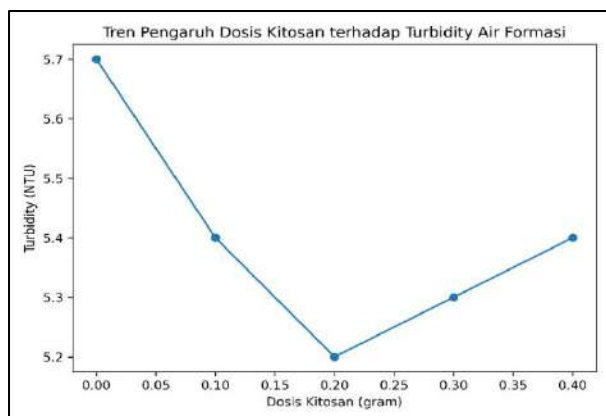
Gambar 4.1 Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap pH air formasi

Peningkatan ini kemungkinan disebabkan oleh residu basa (NaOH) dari proses deasetilasi serta sifat kitosan yang kurang terprotonasi pada kondisi basa. Secara teori, kitosan bekerja optimal pada pH asam hingga netral (pH 4 – 6), dimana gugus amina mengalami protonasi maksimal sehingga memiliki muatan positif tinggi (Rinaudo, 2006). Pada pH basa, derajat protonasi menurun sehingga kemampuan netralisasi muatan partikel menjadi kurang efektif. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan

bahwa kontrol pH merupakan variabel kritis dalam optimasi proses koagulasi menggunakan kitosan.

c. Pengaruh Kitosan terhadap *Turbidity*

Nilai *turbidity* air formasi awal sebesar 5,7 NTU. Penambahan kitosan 0,1 g menghasilkan *turbidity* 5,4 NTU; kitosan 0,2 gr menghasilkan *turbidity* 5,2 NTU; kitosan 0,3 g menghasilkan *turbidity* 5,3 NTU; dan kitosan 0,4 g menghasilkan *turbidity* 5,4 NTU.



Gambar 4.2 Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap *Turbidity* Air Formasi

Penurunan *turbidity* paling rendah terjadi pada dosis 0,2 g (5,2 NTU) dengan efisiensi sekitar 8,77 %. Hal ini menunjukkan adanya titik optimum awal pada dosis tersebut.

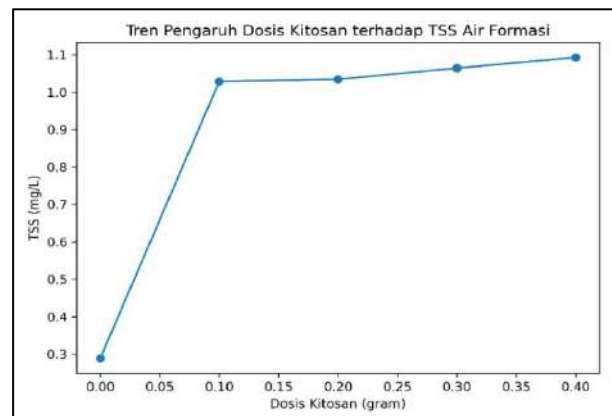
Dari analisis tersebut, pola yang terlihat adalah jika penambahan kitosan dilakukan dengan dosis rendah akan terjadi penurunan *turbidity*, sedangkan penggunaan kitosan dengan dosis lebih tinggi akan menyebabkan *turbidity* kembali meningkat. Fenomena ini konsisten dengan teori koagulasi polimer, dimana terdapat tiga zona: (1) zona kekurangan koagulan menghasilkan flok kecil, (2) zona optimum membentuk flok besar dan stabil, dan (3) zona overdosis menyebabkan restabilisasi partikel. Dari data yang dihasilkan, dosis 0,2 g merupakan kandidat dosis optimum pada kondisi pH eksisting.

Penurunan *turbidity* terjadi karena mekanisme *charge neutralization* dan *polymer bridging* oleh gugus amina terprotonasi ($-\text{NH}_3^+$) pada kitosan. Ketika dosis melebihi titik optimum, terjadi fenomena overdosis koagulan yang menyebabkan restabilisasi partikel

tersuspensi sehingga kekeruhan kembali meningkat. Fenomena ini sejalan dengan teori koagulasi polimer yang menyatakan bahwa efektivitas maksimum terjadi pada zona optimum, sementara kelebihan polimer dapat menurunkan efisiensi flokulasi (Crini & Badot, 2019; Renault, et.al., 2009).

d. Pengaruh Kitosan terhadap *Total Suspended Solid (TSS)*

Nilai TSS air formasi awal sebesar 0,289 mg/l. Setelah penambahan kitosan, TSS justru meningkat menjadi 1,028–1,092 mg/l.



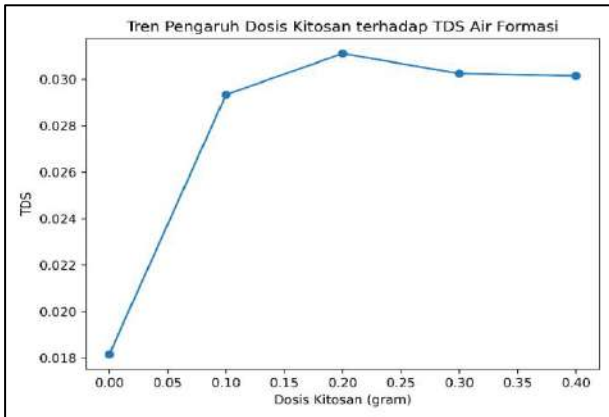
Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap TSS Air Formasi

Koagulasi seharusnya menurunkan TSS. Namun pada data ini terjadi peningkatan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh: (1) kitosan tidak terlarut sempurna dan terdeteksi sebagai padatan tersuspensi, (2) pH sistem yang terlalu basa sehingga protonasi tidak optimal, dan (3) pembentukan mikroflok yang belum sepenuhnya mengendap saat pengambilan sampel.

Menurut Wang, et.al. (2021), efektivitas koagulasi pada *produced water* sangat bergantung pada kondisi kimia sistem, terutama pH dan konsentrasi polimer. Jika kondisi tidak optimum, koagulan alami dapat meningkatkan *apparent suspended solids* akibat partikel koagulan itu sendiri. Temuan ini memperkuat bahwa optimasi pH dan kelarutan kitosan menjadi tahap krusial berikutnya.

e. Pengaruh Kitosan terhadap *Total Dissolved Solid (TDS)*

TDS awal tercatat sebesar 0,01816 mg/l. Setelah penambahan kitosan, TDS meningkat menjadi 0,02933–0,0311 mg/l. Kenaikan TDS dapat disebabkan karena beberapa faktor: kitosan terlarut sebagian dalam medium, adanya ion sisa dari proses sintesis (Na^+), dan pelepasan ion dari interaksi kitosan dengan air.



Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap TDS Air Formasi

Namun, koagulasi umumnya tidak dirancang untuk menurunkan TDS karena TDS merupakan zat terlarut, sedangkan kitosan lebih efektif pada partikel tersuspensi (TSS) dan koloid. Dengan demikian, peningkatan TDS masih dapat dianggap wajar dan bukan indikator kegagalan koagulasi. Menurut Ahmad, et.al. (2022), kitosan lebih efektif dalam penghilangan *turbidity* dan TSS dibandingkan TDS karena TDS terdiri dari ion-ion terlarut yang memerlukan proses lanjutan seperti membran atau pertukaran ion. Dengan demikian, peningkatan TDS pada penelitian ini tidak menunjukkan kegagalan proses, melainkan menegaskan bahwa koagulasi bukan metode utama untuk reduksi TDS pada air formasi dengan salinitas tinggi.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan:

1. Air formasi sebelum perlakuan memiliki karakteristik pH 8,1; TSS 0,289 mg/l; TDS 0,01816 mg/l; dan *turbidity* 5,7 NTU. Kondisi ini menunjukkan air bersifat basa ringan dengan tingkat kekeruhan sedang.

2. Penambahan kitosan menunjukkan adanya pengaruh terhadap parameter kualitas air, terutama pada *turbidity*. Penurunan *turbidity* tertinggi terjadi pada dosis 0,2 g dengan efisiensi sebesar $\pm 8,77\%$, sehingga dosis tersebut dapat dianggap sebagai dosis optimum dalam penelitian ini.
3. Nilai TSS dan TDS mengalami peningkatan setelah penambahan kitosan. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kondisi pH basa yang membatasi efektivitas protonasi gugus amina kitosan serta kemungkinan terbentuknya flok halus yang belum sepenuhnya mengendap saat pengukuran.
4. Nilai pH mengalami peningkatan setelah penambahan kitosan, namun masih berada dalam rentang basa ringan dan tidak menunjukkan perubahan ekstrem.
5. Secara umum, kitosan dari limbah cangkang kepiting memiliki potensi sebagai koagulan alami pada sistem air formasi, namun efektivitasnya dipengaruhi oleh kondisi kimia sistem, terutama pH dan karakteristik salinitas air formasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., et.al.. 2022. *Application of chitosan-based coagulant in wastewater treatment: A review*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(4), 107–124.
- Crini, G., & Badot, P.M. 2019. *Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions*. Progress in Polymer Science, 30(1), 38–70.
- Hendrawati, T., et.al.. 2016. Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang Sebagai Koagulan Penjernih Air Danau. Jurnal Kimia Valensi, 2(2), 112–118.
- Igunnu, E.T., & Chen, G.Z. 2014. *Produced Water Treatment Technologies*. International Journal of Low-Carbon Technologies, 9, 157–177.
- Maćczak, P., et.al.. 2023. *Chitosan And Its Derivatives As Effective Coagulants In Water Treatment*. Water, 15(3), 451–468.

Mutakhabbatillah, S., dkk.. 2021. *Efektivitas Kitosan Sebagai Koagulan Pada Unit Water Treatment PPSDM Migas Cepu*. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, 7(2), 88–95.

Ngadi, N., & Yusoff, N.A. 2011. *Application Of Chitosan As A Bioflocculant For Textile Wastewater Treatment*. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 55, 67–78.

Piluharto, B., dkk. 2018. *Kajian Mekanisme Koagulasi Kitosan Pada Suspensi Kaolin*. Jurnal Kimia Mulawarman, 15(2), 89–94.

Renault, F., et.al.. 2009. *Chitosan For Coagulation/Flocculation Processes – An Eco-Friendly Approach*. European Polymer Journal, 45, 1337–1348.

Rinaudo, M. 2006. *Chitin And Chitosan: Properties and Applications*. Progress in Polymer Science, 31, 603–632.

Vakili, M., et.al.. 2014. *Application Of Chitosan And Its Derivatives As Adsorbents For Dye Removal*. Carbohydrate Polymers, 113, 115–130.

Wang, L., et.al.. 2021. Produced water treatment technologies: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 199, 108–146.