

Artikel Riset

## Penggunaan Nano-bio Koagulan dari Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) untuk Menurunkan COD, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Industri Farmasi

Mochtar Hadiwidodo<sup>1\*</sup>, Mohammad Naffah Ainurrofiq<sup>1</sup>, Purwono<sup>1</sup>, Wiharyanto Oktiawan

<sup>1</sup>Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>2</sup>Center Science and Technology, IAIN Surakarta, Jl. Pandawa, Pucangan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia 57168

\* Penulis korespondensi, e-mail: [purwono.ga@gmail.com](mailto:purwono.ga@gmail.com)

### Abstrak

Salah satu industri farmasi di Semarang, Jawa Tengah menggunakan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk mengolah limbah cair. Penggunaan PAC atas dasar kelayakan biaya dan efektivitas pengolahan. Apabila ditinjau dari aspek lingkungan, penggunaan koagulan sintetik dalam jumlah besar akan menimbulkan limbah lumpur yang sulit didegradasi, dan mampu mengubah tingkat keasaman air dan tanah disekitarnya, sehingga berdampak buruk bagi lingkungan. Pada penelitian ini kitosan digunakan sebagai nano bio koagulan untuk mengolah limbah cair industri farmasi. Variasi dosis nano bio koagulan dan kecepatan pengadukan dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi penyisihan parameter Chemical Oxygen Demand (COD), kekeruhan, dan Total Suspended Solid (TSS), limbah. Nani bio koagulan dibuat dari Cangkang keong Sawah (*Pila Ampullacea*) dan ukuran biokoagulan dibuat skala nano partikel dengan harapan mampu meningkatkan efektifitas penyisihan. Penelitian diawali dengan deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Pembuatan nano partikel biokoagulan menggunakan *High Energy Milling* (HEM), sedangkan ukuran partikel dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan gugus fungsi menggunakan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR). Hasil karakterisasi kitosan yaitu warna coklat abu-abu, kadar air 5,34 %, ukuran partikel serbuk nano, derajat deasetil 25,27 %, dan kadar abu 1,14 %. Efisiensi penyisihan TSS yang tinggi sebesar 55,19 %, kekeruhan 64,73 % dan COD 55,63 %. Dosis yang optimum sebesar 200 mg/L dengan kecepatan pengadukan cepat 150 rpm. Nano biokoagulan kitosan paling efektif untuk menyisihkan kekeruhan dibandingkan dengan COD dan TSS limbah cair indutri farmasi.

**Kata Kunci:** Nano biokoagulan, *Pila Ampullacea*, limbah cair farmasi, koagulasi, flokulasi

### Abstract

One of the pharmaceutical industry in Semarang, Central Java uses the coagulant Poly Aluminum Chloride (PAC) to treat wastewater. The use of PAC on the basis of the feasibility of cost and processing effectiveness. When viewed from an environmental aspect, the use of synthetic coagulants in large quantities will cause sludge waste that is difficult to degrade, and is able to change the acidity of the surrounding water and soil, thus adversely affecting the environment. In this study, chitosan was used as a nano-bio coagulant to treat

pharmaceutical industry wastewater. Dose variations of nano-bio coagulant and mixing rate were carried out to evaluate the efficiency of removal of parameters of Chemical Oxygen Demand (COD), turbidity, and Total Suspended Solid (TSS) of waste. Nano-bio coagulant is made from rice field snail shells (*Pila Ampullacea*), and the size of the bio coagulant is made of nanoscale particles with the hope of being able to increase the effectiveness of allowance. Preparation methods include deproteination, demineralization, and deacetylation. Nanoparticle process using HEM tool, particle size was tested using SEM and functional group test using FTIR. The results showed that chitosan had a gray-brown color, nanopowder particle size, the water content of 5.34%, 1.14% ash content, and 25.27% deacetyl degree high TSS removal efficiency of 55.19%, the turbidity of 64.73% and COD of 55.63%. The optimum dose is 200 mg / L with a fast mixing speed of 150 rpm. Nano the most effective chitosan bio coagulant for removing turbidity compared to TSS and COD.

**Keywords:** nano-bio coagulant, *Pila ampullacea*, pharmaceutical waste water, coagulation, flocculation

---

## 1. Pendahuluan

Produk farmasi digunakan dalam bidang kesehatan manusia, kedokteran hewan, dan agraria. Produk ini dirancang dengan tepat dan konsentrasi obat-obatan yang sangat rendah (Imran *et al.*, 2016). Industri farmasi menghasilkan limbah cair dalam jumlah cukup banyak setiap harinya. Mereka wajib mengolah limbah cair supaya kualitas limbah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Limbah industri farmasi bercampur dengan air limbah domestik dan senyawa lainnya diangkut dan didistribusikan ke seluruh ekosistem (badan air) (Ahmad *et al.*, 2012).

Salah satu Industri farmasi di Semarang, Jawa Tengah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan air limbah industry tersebut menggunakan koagulasi-flokulasi, dimana koagulan yang digunakan berupa PAC (*Poly Aluminium Chloride*). Pada proses ini, penambahan PAC mengubah keadaan fisik padatan terlarut dan tersuspensi, dan mendorong penyisihan padatan ini melalui proses pengendapan. Proses koagulasi juga berfungsi untuk mengurangi kekeruhan, menghilangkan warna, dan senyawa patogen, serta efektif untuk menghilangkan bahan organik (Zheng *et al.*, 2013). Penggunaan PAC karena alasan kelayakan biaya dan efektivitas pengolahan. Menurut Hendrawati dkk. (2016), penggunaan koagulan sintetik seperti PAC dalam jumlah besar dapat menyebabkan tingkat keasaman air dan menimbulkan jumlah lumpur yang sulit didegradasi. Hal ini merupakan dampak negatif terhadap lingkungan.

Upaya mengurangi penggunaan koagulan sintetik salah satunya menggunakan koagulan alami (biokoagulan). Biokoagulan lebih aman dibandingkan koagulan sintesis seperti PAC. Kitosan merupakan jenis polimer alami dengan rumus umum ( $C_6H_{11}NO_4$ ) dan rantai lurus. Kitosan termasuk biopolimer yang memiliki nama lain poly ( $\beta$ -(1-4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose), dimana biopolimer ini mengandung gugus amino bebas dan gugus hidroksil pada rantai karbonnya yang bersifat reaktif. Kitosan mempunyai sifat biodegradasi, biokompabilitas, tidak alergenik, tidak beracun, dan berkemampuan membentuk formasi serat dan film. Selain itu, kitosan juga mempunyai sifat menyerap dan penggumpal yang baik, sifat ini dapat meningkatkan reaktifitas dalam pembuatan turunannya (Hasan, 2007).

Oleh karena itu, efisiensi penyisihan COD, kekeruhan, dan TSS pada limbah cair industri farmasi menggunakan nano biokoagulan perlu dilakukan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik kitosan yang berasal dari cangkang keong sawah (*Pila ampullacea*), dosis koagulan, dan juga untuk mengevaluasi pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penyisihan polutan. Mekanisme koagulasi flokulasi sangat ditentukan oleh kecepatan pengadukan.

## 2. Metode Penelitian

Sampel limbah cair dikumpulkan dari industri farmasi yang berlokasi di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Industri tersebut sudah beroperasi penuh sejak puluhan tahun yang lalu.

Pengukuran parameter COD, kekeruhan, dan TSS mengacu pada *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Nano biokoagulan dibuat dari cangkang keong sawah yang diambil dari daerah persawahan di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Cangkang keong sawah dikeringkan terlebih dahulu, kemudian penghalusan, dan terakhir pengayakan dengan saringan ukuran 100 mesh untuk menghomogenkan ukuran. Padatan ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan kitosan. Langkah selanjutnya yaitu isolasi kitin dari cangkang keong sawah. Kitin diisolasi menggunakan metode No dan Meyers (Sinardi, Soewondo, & Notodarmojo, 2013) melalui tiga tahap pemurnian yaitu deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Tahap berikutnya berupa pembuatan Nano biokoagulan kitosan dibuat menggunakan alat HEM (High Energy Milling) yang dilakukan di Laboratorium Material FMIPA Universitas Diponegoro.

Karakteristik nano biokoagulan kitosan antara lain ukuran partikel (menggunakan HEM (*High Energy Milling*)), kadar air (metode AOAC (*Association of Analytical Communities*)), kadar abu (metode AOAC (*Association of Analytical Communities*)), derajat deasetilasi (DD), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan perbesaran 10.000 kali, dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Pengujian karakteristik ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dan kualitas dari koagulan.

Penentuan dosis dilakukan secara batch dalam skala laboratorium dengan menggunakan jar-test Flocculator SW<sub>1</sub> (*Stuart Scientific*). Sejumlah 1 gram nano biokoagulan kitosan dilarutkan dalam 100 ml asam asetat 1% untuk mendapatkan 10.000 mg/l kitosan induk (1% b/v). Variasi dosis yaitu 150, 200, 250, dan 300 mg/l dengan cara mengencerkan larutan induk. Sedangkan kecepatan pengadukan cepat bervariasi yaitu 100, 125 dan 150 rpm.

Sejumlah 900 mL limbah cair dan 100 ml kitosan hasil pengenceran dimasukkan ke dalam gelas ukur 1000 ml. Campuran dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 100, 125 dan 300 rpm selama 1. Selanjutnya pengadukan lambat dilakukan selama 15 menit dengan kecepatan 45 rpm. Pada tahap ini proses koagulasi flokulasi telah selesai. Tahap selanjutnya berupa pengendapan flok selama 30 menit sebelum dilakukan disampling untuk diuji parameter TSS, COD, dan kekeruhan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Karakteristik Limbah Cair dan Nano Biokoagulan Kitosan

Karakteristik air limbah yang dikeluarkan oleh industri farmasi mengandung COD, kekeruhan dan TDS yang tinggi sehingga melebihi baku mutu yang ditetapkan. Karakterisasi efluen industri farmasi ditunjukkan pada **Tabel 1**. Pengolahan air limbah industri farmasi tersebut penting untuk dilakukan supaya kualitas effluen memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Limbah dengan kadar COD tinggi menunjukkan bahwa industri farmasi tersebut melepaskan pencemar zat organik dan anorganik ke badan air.

Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nano biokoagulan kitosan memiliki karakteristik sebagai berikut:

Kadar air	: 5,34 %
Ukuran	: nano partikel
Warna	: coklat abu-abu
Kadar abu	: 1,14 %
Derajat Diasetil	: 25,27 %

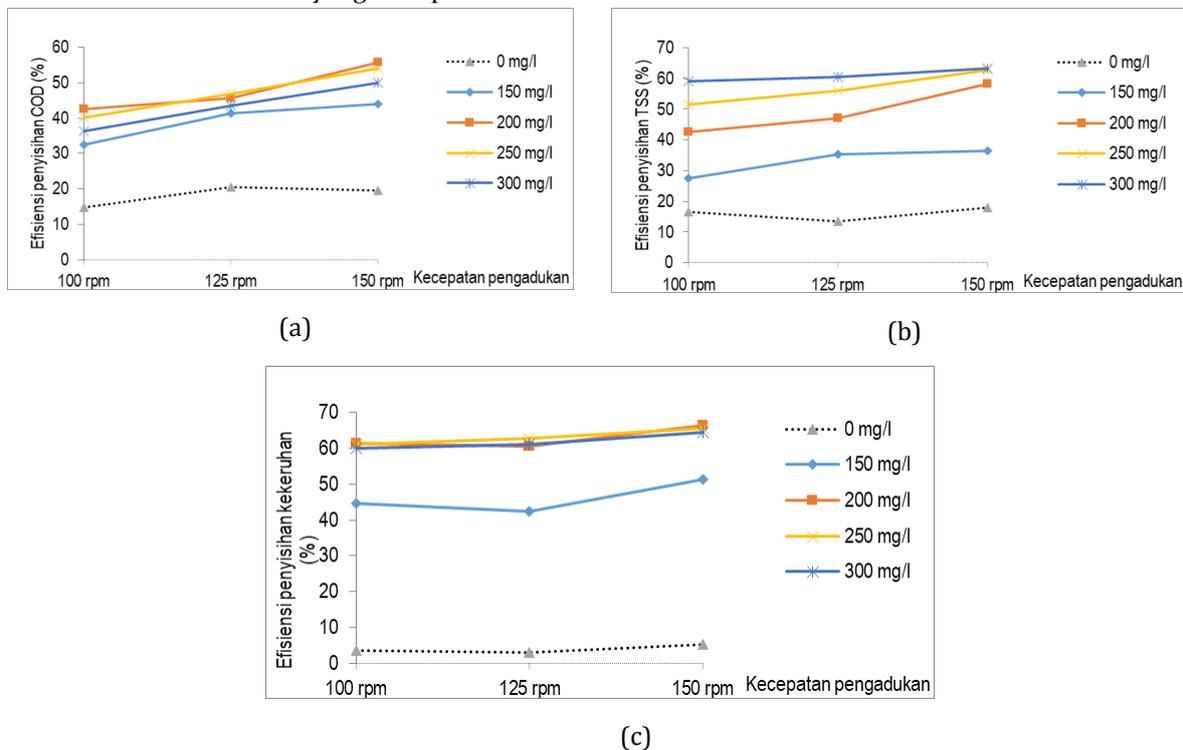
Efisiensi penyisihan kadar COD, kekeruhan, dan TSS pada berbagai dosis Nano Biokoagulan kitosan. Penambahan koagulan berpengaruh besar dalam keberhasilan proses koagulasi flokulasi. Penambahan koagulan mengakibatkan pembentukan flok, sehingga proses koagulasi-flokulasi dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri farmasi.

Hasil koagulasi limbah cair industri farmasi menggunakan nano biokoagulan kitosan ditunjukkan pada **Gambar 1**. Peningkatan dosis nano biokoagulan kitosan dari 0 menjadi 300 mg/L mampu menurunkan kadar COD, kekeruhan, dan TSS dengan meningkatnya kecepatan pengadukan

(rpm). Kadar COD mengalami penurunan maksimal sebesar 56 % pada dosis 200 mg/l dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Dosis 200 mg/l merupakan dosis maksimal dalam penyisihan COD. Pada kecepatan pengadukan yang sama (200 rpm) tampak bahwa dosis nano biokoagulan 150 mg/l hanya mampu menurunkan COD sebesar 42%, sedangkan dosis 250 dan 300 masing-masing sebesar 54% dan 50%.

Penurunan kekeruhan maksimal sebesar 67% pada dosis 200 mg/l dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Dosis 200 mg/l merupakan dosis maksimal dalam penyisihan kekeruhan. Penurunan TSS maksimal sebesar 63 % pada dosis 250 mg/l dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Dosis 250 mg/l merupakan dosis maksimal dalam penyisihan TSS. Penambahan dosis yang rendah menyebabkan kekurangan inti flok pada proses pembentukan flok. Oleh sebab itu, menyisakan partikel koloid yang lebih banyak. Seiring dengan bertambahnya dosis nano biokoagulan menyebabkan partikel koloid yang bergabung membentuk makroflok semakin banyak.

Dampaknya yaitu polutan dalam limbah cair industri farmasi mengalami penurunan. Penambahan koagulan yang melebihi dosis optimum menyebabkan proses pembentukan flok terhambat. Hal ini disebabkan oleh jumlah kation terlalu banyak yang menyebabkan gaya elektrostatis pada koloid bertambah besar. Disisi lain ikatan dalam flok tersebut rusak. Hal ini dapat diamati pada **Gambar 1**, dimana dosis 250 dan 300 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat 150 rpm menyebabkan penurunan kadar COD dan kekeruhan yang cukup kecil.



**Gambar 1.** Grafik Efisiensi Penyisihan Kadar COD (a), TSS (b), dan Kekeruhan (c) pada Variasi Pengadukan 100 rpm, 125 rpm, dan 150 rpm

Menurut Hartati dkk. (2008), peristiwa ini diakibatkan oleh kelebihan muatan positif yang terdapat dalam limbah dan menyebabkan gangguan proses stabilisasi koloid. Muatan positif ion amina yang terdapat dalam kitosan menghasilkan perbandingan yang ideal dengan jumlah muatan negatif yang terdapat dalam air limbah. Dampaknya proses netralisasi koloid berlangsung secara optimal. Hasil penelitian kadar TSS cenderung mengalami kenaikan seiring pertambahan dosis koagulan. Menurut Akhtar dkk., (1997) kenaikan kadar TSS akibat dosis berlebih yang menyebabkan restabilisasi partikel koloid. Restabilisasi adalah proses pembalikan muatan partikel koloid di dalam perairan, pada walnya bermuatan negatif kemudian berubah menjadi positif akibat penyerapan dari dosis berlebih. Muatan yang

sama menyebabkan gaya tolak menolak antar partikel koloid sehingga tidak dapat membentuk flok yang lebih besar.

Pada penelitian ini tampak bahwa pH mengalami penurunan. Sebagai contoh pH limbah cair awal sebesar 7,3, setelah penambahan nanobio koagulan nilai pH mengalami penurunan menjadi 6,2 pada dosis 300 mg/l. Menurut Amokrane *et al.*, 1997) pH larutan turun menjadi asam ( $\text{pH} < 7$ ) akibat peningkatan dosis koagulan. Pengaruh pH dalam proses koagulasi berkorelasi dengan hidrolisa koagulan. Dalam pH asam, polimerisasi spesies anionik dihambat sampai tingkat tertentu dan spesies primer diubah menjadi monomer/olimer hidrolisat positif (Huang *et al.*, 2013). Hidrolisat bermuatan positif ini mudah untuk menetralkan muatan negatif eksternal dari bahan pencemar organik dan mengacaukan koloid dalam air limbah. Pada penelitian ini pengaturan pH (menaikkan atau menurunkan) tidak dilakukan.

### 3.2. Efisiensi Penyisihan Kadar COD, TSS, dan Kekeruhan pada Berbagai Kecepatan Pengadukan Cepat

Variasi kecepatan pengadukan cepat dilakukan menggunakan jar test pada kecepatan 100, 125, dan 150 rpm. Efisiensi penyisihan kadar COD (a), TSS (b), dan kekeruhan (c) ditampilkan pada **Gambar 2**. Perlakuan tersebut dilakukan pada semua dosis koagulan baik 0 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, maupun 300 mg/l. Berdasarkan **Gambar 2 (a)** menunjukkan hasil penelitian COD pada berbagai variasi kecepatan pengadukan dan pH yang tidak diatur. Penyisihan COD optimum menggunakan koagulan kitosan keong sawah adalah pada dosis 200 mg/L dengan kecepatan pengadukan cepat optimum adalah 150 rpm sebesar 55,63 %. Pada **Gambar 2 (a)** dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan cepat, semakin tinggi efisiensi penyisihan COD. Perilaku ini disebabkan oleh adanya dua mekanisme koagulasi. Dengan kekeruhan tinggi dan dosis koagulan tinggi, koagulasi terjadi baik melalui adsorpsi-destabilisasi maupun mekanisme 'sweep-floc'. Mekanisme ini beroperasi secara sinergis untuk menyisihkan COD. Mekanisme adsorpsi - destabilisasi merupakan proses yang penting supaya koagulan terdispersi dengan cepat dalam seluruh cairan/limbah. Dispersi harus cepat karena produk hidrolisis koagulan yang mampu mengadsorpsi permukaan partikel koloid dihasilkan dalam sedetik; proses pembentukan endapan memerlukan waktu beberapa detik (Rossini, Garrido, & Galluzzo, 1999). Kecepatan pengadukan cepat yang paling optimal untuk menyisihkan COD limbah industri farmasi menggunakan nano biokoagulan keong sawah adalah 150 rpm.

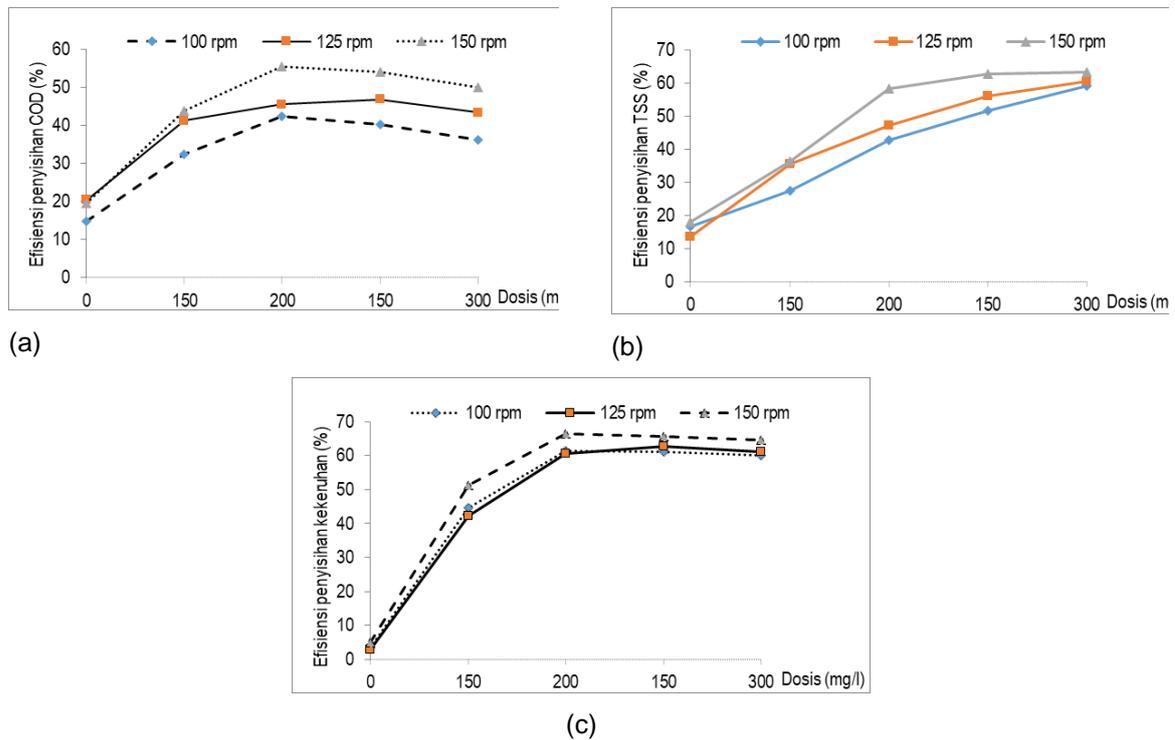
Efisiensi penyisihan parameter TSS terbesar mencapai 55,19 % pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm dan dosis 300 mg/L (**Gambar 2 (b)**). Kecepatan putaran pengadukan cepat yang kurang akan menyebabkan koagulan terdispersi tidak homogen dan cepat keseluruh cairan/limbah cair (Hamed *et al.*, 2016). Pada penelitian ini, kecepatan pengadukan cepat memiliki pengaruh yang signifikan terutama pada proses pembentukan flok. Pengadukan yang tepat menyebabkan koagulan terdispersi secara cepat dan merata di dalam limbah cair. Sehingga potensi terjadinya tumbukan antar partikel dengan koagulan berjalan lebih baik.

**Tabel 1.** Karakterisasi Efluen Industri Farmasi

No.	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH	-	7,4
2	Suhu	°C	27,3
3	TSS	mg/l	223
4	Kekeruhan	NTU	63,3
5	COD	mg/l	435,7

Hal yang sama terjadi pada penyisihan kadar kekeruhan. Efisiensi penyisihan parameter kekeruhan terbesar mencapai 64,73 % pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm dan dosis 300 mg/L (**Gambar 2 (c)**). Kekeruhan dalam air limbah sesungguhnya adalah murni efek optik sebaran cahaya yang melewati air. Berdasarkan penelitian ini, penggunaan nano biokoagulan kitosan keong sawah mampu

menurunkan kadar COD, TSS, dan kekeruhan masing-masing sebesar 55,63 %; 55,19 %; dan 64,73 % pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm.



**Gambar 2.** Grafik efisiensi penyisihan kadar COD (a), TSS (b), dan kekeruhan (c) pada berbagai variasi dosis nano biokoagulan kitosan

#### 4. Kesimpulan

Karakteristik nano biokoagulan kitosan keong sawah antara lain berwarna coklat abu-abu, kadar air sebesar 5,34 %, kadar abu sebesar 1,14 % dan derajat deasetil sebesar 25,27 %. Dosis nano biokoagulan kitosan sebesar 200 mg/l merupakan dosis optimum untuk menurunkan kadar COD sebesar 56 %. Pada dosis yang sama, penurunan kekeruhan maksimal sebesar 67 %. Penurunan TSS maksimal sebesar 63 % pada dosis 200 mg/l. Penggunaan nano biokoagulan kitosan keong sawah mampu menurunkan kadar COD, TSS, dan kekeruhan masing-masing sebesar 55,63 %; 55,19 %; dan 64,73 % pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm.

#### Daftar Pustaka

- Ahmad, M., Amin U, K., Wahid, A., Ali Butt, Z., Muhammad, F., & Ahmad, F. 2012. Role of Hospital Effluent in the Contribution of Antibiotics and Antibiotic Resistant Bacteria to the Aquatic Environment. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(12), 1177–1182.
- Akhtar, W., Muhammad, R., & Iqbal, A. 1997. Optimum Design of Sedimentation Tanks Based on Settling Characteristics of Karachi Tannery Wastes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 98, 199–211.
- Amokrane, A., Comel, C., & Veron, J. 1997. Landfill leachates pretreatment by coagulation–flocculation. *Water Res.*, 31(11), 2775–2782.
- Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. 2016. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>
- Hartati, E., Sutisna, M., & Windi, N. S. 2008. Perbaikan Kualitas Air Limbah Industrifarmasi Menggunakan Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dan PAC (Poly Alumunium Chloride). *Jurnal Teknik Lingkungan ITENAS*, 4(3).

- Hasan, H. 2007. Studi Ekstraksi pada Proses Pembuatan Gelatin Tipe B dari Kulit Sapi. Bogor Agricultural University.
- Hendrawati, H., Sumarni, S., & Nurhasni, N. 2016. Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 1(1), 1–11.
- Huang, X., Gao, B., Yue, Q., Wang, Y., Li, Q., Zhao, S., & Sun, S. 2013. Effect of dosing sequence and raw water pH on coagulation performance and flocs properties using dual-coagulation of polyaluminum chloride and compound bioflocculant in low temperature surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 229, 477–483.
- Imran, M., Ateeb, M., Hussnain, M., Ahmed, N., & Mahmood, Q. 2016. Integrated treatment of pharmaceutical effluents by chemical coagulation and ozonation. *Separation and Purification Technology*, 158, 383–386. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.12.048>
- Rossini, M., Garrido, J. G., & Galluzzo, M. 1999. Optimization of the coagulation ± flocculation treatment : influence of rapid mix parameters, 33(8).
- Sinardi, S., Soewondo, P., & Notodarmojo, S. 2013. Pembuatan, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau (*Mytilus Viridis* Linnaeus) sebagai Koagulan Penjernih Air. In *Konferensi Nasional Teknik Sipil (Konteks)*. Solo.
- Zheng, Y., Yu, S., Shuai, S., Zhou, Q., & Cheng, Q. 2013. Color removal and COD reduction of biologically treated textile effluent through submerged filtration using hollow fiber nano filtration membrane. *Desalination*, 314, 89–95.