

STUDI LITERATUR EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI FARMASI DENGAN MEMANFAATKAN BERBAGAI KOAGULAN ALAMI UNTUK MENURUNKAN KADAR BOD, COD, DAN TSS

Retno aliyatul Fikroh, Septy Nur Fadhillah, Dias Novita, Herdina Suci Artta, Lulu Nabila Putri, Novia Eka Safitri

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Laksda Adisucipto, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Indonesia
[retno.fikroh@uin-suka.ac.id]

ABSTRAK

Industri farmasi menjadi salah satu penyumbang kontaminan pada air. Limbah yang dihasilkan dari industri farmasi berasal dari obat-obatan yang kadaluwarsa, atau obat-obatan yang mengalami kesalahan pada saat proses produksi dan dibuang tanpa diolah terlebih dahulu. Secara umum banyak teknologi pengolahan yang sudah tersedia untuk mengatasi masalah limbah farmasi, namun teknologi tersebut cenderung memiliki biaya operasional yang cukup besar dan pengontrolan yang sulit. Tujuan dari studi literatur ini yaitu untuk melihat efektivitas penggunaan berbagai koagulan alami yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair industri farmasi dengan menggunakan berbagai metode pengolahan limbah. Metode yang digunakan yaitu berupa pendekatan studi literatur terkait seberapa efektif penggunaan koagulan alami dalam pengolahan limbah cair industri farmasi. Metode ini meliputi pencarian literatur dalam bentuk data primer, baik jurnal nasional maupun internasional. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan diperoleh bahwasannya pemanfaatan koagulan alami untuk mengatasi limbah industri farmasi belum banyak dilakukan, hal tersebut terbukti dengan sedikit dan terbatasnya literatur penelitian yang didapatkan. Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam), Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus Gallus domesticus*), Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L), dan Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) adalah beberapa koagulan alami yang mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS dengan lebih dari 50% pada limbah cair industri farmasi.

Kata kunci: koagulan alami, limbah cair, limbah farmasi, pengolahan limbah

ABSTRACT

The pharmaceutical industry is one of the contributors of water contaminants. Waste produced by the pharmaceutical industry comes from expired drugs, or drugs that have errors during the production process and are discarded without being processed first. In general, many processing technologies are available to overcome the problem of pharmaceutical waste, but these technologies tend to have quite large operational costs and difficult control. The purpose of this literature study is to see the effectiveness of the use of various natural coagulants that can be used in the processing of pharmaceutical industry liquid waste using various waste treatment methods. The method used is a literature study approach related to how effective the use of natural coagulants is in the processing of pharmaceutical industry liquid waste. This method includes searching for literature in the form of primary data, both national and international journals. Based on the literature study that has been carried out, it was obtained that the use of natural coagulants to overcome pharmaceutical industry waste has not been widely carried out, this is evidenced by the small and limited research literature obtained. Moringa Seed Coagulant (*Moringa oleifera* Lam), Chicken Egg Shell (*Gallus Gallus domesticus*), Kepok

Banana Peel (Musa paradisiaca L), and Field Snail Shell (Pila ampullacea) are some natural coagulants that are able to reduce BOD, COD and TSS levels by more than 50% in pharmaceutical industry liquid waste.

Keywords: waste processing, natural coagulants, liquid waste, pharmaceutical waste

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor di bidang industri memiliki dampak positif terhadap sistem perekonomian suatu daerah. Namun, di balik dampak positifnya perkembangan sektor industri justru memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya. Proses dari kegiatan industri akan menghasilkan suatu *output* berupa limbah cair, dimana limbah cair tersebut dapat menurunkan kualitas air yang ada di lingkungan [1]. Salah satu sektor industri yang berpengaruh yaitu industri farmasi, limbah industri farmasi tentunya memiliki bahaya yang lebih terhadap lingkungan. Meskipun konsentrasi limbah yang dibuang tergolong rendah tetapi sifat toksik dari bahan kimia obat-obatan memiliki potensi bahaya yang besar [2].

Limbah industri farmasi saat ini menjadi salah satu penyumbang kontaminan pada kebutuhan utama manusia yaitu air. Kontaminan pencemar berasal baik dari obat-obatan yang kadaluwarsa dan dibuang sembarangan, atau obat-obatan yang mengalami kesalahan pada saat proses produksi [2]. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan kadar TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan parameter kadar limbah yang terlarut yang terdiri dari senyawa organik maupun anorganik yang sebagian besar memiliki sifat beracun. Oleh karena itu, limbah yang dihasilkan oleh industri farmasi ini dapat berpotensi mencemari lingkungan [3].

Pengolahan limbah industri farmasi saat ini pada dasarnya sudah banyak dilakukan untuk menemukan pengolahan yang paling efektif, seperti menggunakan teknologi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) [4]. Selain itu juga sebagian industri menggunakan bahan-bahan kimia yang cukup efektif dan tergolong lebih cepat dalam mengurangi kadar pencemaran dalam air, seperti penggunaan senyawa *polutan organic persisten* (POPs) [5]. Namun, secara umum pengolahan limbah yang dilakukan menggunakan alat-alat yang kurang terjangkau baik biaya operasional yang relatif mahal dan penggunaannya yang cukup rumit. Sedangkan apabila memanfaatkan bahan-bahan kimia cenderung akan menimbulkan permasalahan baru pada lingkungan karena sifatnya mungkin berbahaya untuk lingkungan sekitar.

Oleh karena itu, diperlukan adanya pengelolaan limbah industri farmasi yang dapat mengurangi dan menurunkan tingkat pencemaran semaksimal mungkin. Secara umum banyak teknologi pengolahan yang sudah tersedia untuk mengatasi masalah limbah farmasi, namun teknologi tersebut cenderung memiliki biaya operasional yang cukup besar dan pengontrolan yang sulit [6]. Sebagai alternatif terhadap kondisi tersebut maka perlu adanya pengembangan teknologi terhadap limbah farmasi yang bersifat ekonomis, mudah, dan sesuai untuk standar lingkungan yang baik. Salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam mengatasi masalah limbah cair yakni penggunaan koagulan alami. Koagulan merupakan bahan kimia yang memiliki kandungan mampu menetralkan muatan-muatan berupa koloid yang terdapat dalam limbah, serta mampu mengikat partikel-partikel yang akan membentuk gumpalan atau flok [7].

Studi literatur ini dilakukan untuk melihat efektivitas penggunaan berbagai koagulan alami yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair industri farmasi dengan

menggunakan berbagai metode pengolahan limbah. Sehingga nantinya akan diketahui koagulan serta metode yang efektif yang dapat digunakan untuk menurunkan tingkat kontaminasi yang terkandung dalam limbah industri farmasi tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Studi literatur merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini, studi literatur yang dilakukan meliputi identifikasi masalah, pencarian literatur dan analisis data dengan menggali dan mengumpulkan data secara sistematis. Studi literatur ini menggunakan beberapa artikel yang relevan dengan pengelolaan limbah cair industri farmasi menggunakan koagulan berbahan dasar alami. Jurnal yang relevan dengan topik tersebut diperoleh dengan melakukan pencarian *database* menggunakan kata kunci “koagulan alami”, “limbah industri farmasi”, “limbah cair”, dan “kadar COD, BOD, dan TSS”. Pencarian data dalam penulisan artikel ini berupa jurnal nasional maupun jurnal internasional menggunakan media online seperti: Google dan situs *journal* (*google scholar*, *Google books*, dll). Kriteria eksklusi berupa data yang diperoleh dari sumber-sumber berupa website tanpa penulis atau skripsi, maupun tulisan lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur yang sudah dilakukan terhadap penelitian-penelitian terdahulu terkait pemanfaatan koagulan alami terhadap penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri farmasi didapatkan hasil yang optimal yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data hasil studi literatur

No	Koagulan	Metode	Hasil	Referensi
1	Cangkang keong sawah (<i>Pila ampullacea</i>)	Isolasi/pemurnian No dan Meyers (deproteinasi, demineralisasi, deasetilasi). Pembuatan nano partikel biokoagulan <i>High Energy Milling</i> (HEM), <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan <i>Fourier transform infrared spectroscopy</i> (FTIR)	Dosis optimum koagulan sebesar 200 mg/l, penurunan COD sebesar 55,63%, TSS sebesar 55,19% dan kekeruhan 64,73%	[8]
2	Asam jawa (<i>Tamarindus indica</i>)	Preparasi koagulan, Pengambilan sampel dan proses koagulasi	TSS pada dosis optimum 1 g/500 mL, BOD 7g/500 mL, NH ₄ ⁺ pada 3g/500 mL. Tetapi koagulan ini tidak dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi fenol dan COD.	[6]
3	Biji Kelor (<i>Moringa oleifera Lam</i>)	(Koagulasi-flokulasi) analisis karakteristik air limbah, Perbandingan awal kemampuan biokoagulan, penentuan dosis optimum, uji coba dosis optimum, dan analisis karakteristik air hasil pengolahan	Penggunaan dosis biokoagulan sebesar 37.500 ppm. Penurunan COD sebesar 78,25%, BOD sebesar 81,96%, TSS 96%, Nitrogen total 59,68%, fenol sebesar 88,71% dan kekeruhan sebesar 99,67%.	[9]
4	Cangkang telur ayam ras (<i>Gallus</i>)	Metode <i>one stage coagulation</i>	Dosis optimum adalah 50g/500 mL, yang menghasilkan	[7]

No	Koagulan	Metode	Hasil	Referensi
5	<i>Gallus domesticus</i> Kulit pisang kepok (<i>Musa paradisiaca</i> L)	Metode <i>one stage coagulation</i>	penurunan turbiditas 81,18%, TDS 24,3 %, dan TSS 82,05%. Dosis optimum adalah 50g/500 mL, yang menghasilkan penurunan turbiditas 81,18%, TDS 24,3 %, dan TSS 82,05%.	[7]
6	Cangkang Keong Sumpil (<i>Faunus Aster</i>)	Metode deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Untuk uji nanopartikel menggunakan alat HEM, uji ukuran partikel dengan SEM dan uji FTIR untuk gugus fungsi.	Dengan kecepatan pengadukan 125 rpm, dosis optimum adalah 250 mg/L. TSS menurun hingga 51,14%, kekeruhan menurun 48,95% dan COD menurun 33,35%.	[10]
7	Cangkang Keong Sawah (<i>Pila ampullacea</i>)	Metode isolasi yang digunakan yaitu metode <i>No and Mayers</i> berupa persiapan, deproteinasi, demineralisasi, pembuatan kitosan dan analisis menggunakan FTIR	Dosis optimum 250 mg/L dengan kecepatan pengendapan 100rpm. Penurunan TSS sebesar 84,80%, turbidity sebesar 73,76% dan COD sebesar 68,86%	[11]
8	Rosela (<i>Hibiscus Sabdariffa</i>)	Tahapan yang dilakukan berupa persiapan air limbah, Preparasi serbuk biji rosela, pembuatan koagulan dan eksperimen tes jar	Dosis optimum 190 mg/L. Penurunan kekeruhan sebesar 35,8%, dan COD sebesar 29%	[12]
9	Jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	Tahapan yang dilakukan berupa persiapan air limbah, Preparasi serbuk jarak pagar, pembuatan koagulan dan eksperimen tes jar	Dosis optimum pada 200 mg/L. Penurunan kekeruhan sebesar 46,8% dan COD sebesar 32%	[12]

Koagulan alami adalah salah satu bahan aktif koagulan yang berasal dari sumber alami. Koagulan alami biasanya berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, dan mikroorganisme [13]. Beberapa keuntungan penggunaan koagulan alami termasuk bahan baku yang muda didapat, harga yang terjangkau, dan kemampuan untuk terurai dengan mudah. Selain itu, karena toksisitasnya yang rendah, koagulan alami tidak termasuk dalam limbah beracun dan berbahaya (B3) [14].

Karena manfaatnya saat ini, koagulan alami dapat digunakan sebagai teknologi yang efisien untuk pengolahan limbah cair seperti limbah dari industri farmasi. Namun, tentunya sebelum dimanfaatkan koagulan alami perlu dilakukan beberapa tahapan serta perlakuan yang variatif dan maksimal, sesuai dengan koagulan yang digunakan [14]. Metode yang digunakan meliputi rangkaian proses pembuatan koagulan sesuai dengan bahan alami yang digunakan. Proses pembuatan koagulan ini berbeda beda karena tiap material yang digunakan memiliki kandungan berbeda-beda.

Koagulasi merupakan salah satu metode yang paling umum dalam pengolahan limbah seperti sata pada tabel.1, yang merupakan proses pencampuran koagulan (bahan kimia) atau bahan pengendap ke dalam air baku dengan dibantu kecepatan perputaran yang tinggi. Dalam hal ini, koagulasi adalah proses penggumpalan partikel koloid, yaitu proses penggumpalan yang terjadi pada suatu partikel koloid akibat adanya penggabungan partikel

koloid yang bermuatan dan membentuk partikel yang lebih besar [15]. Sehingga endapan netral dihasilkan dari proses pengendapan partikel limbah kecil yang sulit mengendap dalam air baku.

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat tiga parameter yang umumnya diuji dalam pengolahan limbah farmasi antara lain seperti kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan suatu analisis yang mencoba melihat secara global proses mikrobiologis yang terjadi dalam air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan suatu mikroorganisme untuk menguraikan zat-zat yang ada dalam air limbah [16]. Pemeriksaan BOD dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran dalam air. COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada menjadi CO_2 dan H_2O dalam keadaan asam. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan O_2 adalah sumber oksigen yang paling umum digunakan [17]. Selanjutnya, parameter *Total Suspended Solid* atau TSS adalah jumlah berat lumpur atau bahan pembentuk endapan dalam satuan mg/liter yang ada pada limbah setelah proses penyaringan dengan media membran berukuran 0,45 mikro [18].

Berdasarkan studi literatur yang sudah dilakukan pada dasarnya pemanfaatan koagulan alami untuk mengatasi limbah industri farmasi belum banyak dilakukan, hal tersebut terbukti dengan terbatasnya literatur yang didapatkan seperti yang ada pada tabel.1. Sebagian besar literatur menunjukkan bahwa pengolahan limbah farmasi cenderung banyak memanfaatkan bahan-bahan kimia dibanding dengan koagulan alami. Namun adapun beberapa literatur penelitian yang memanfaatkan koagulan alami dan mampu untuk menurunkan kadar BOD, COD dan TSS dengan persentase diatas 50% pada limbah industri farmasi yaitu sebagai berikut:

1) Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam)

Tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam) adalah spesies dari keluarga *Moringaceae*, yang termasuk dalam kelompok tumbuhan perdu. Tinggi batangnya dapat mencapai antara 7 hingga 11 meter, dengan karakteristik batang yang lunak dan mudah patah. Daunnya memiliki bentuk oval dan tersusun secara majemuk [19].

Zat aktif 4-((α -L-rhamnosyloxy)benzyl)isothiocyanate inilah yang menjadikan tanaman kelor dapat digunakan sebagai koagulan alami. Zat ini memiliki kemampuan untuk mengikat partikel-partikel yang ada dalam air limbah [19]. Kandungan protein kationik akan membentuk suatu muatan positif ketika dilarutkan, hal ini menjadi salah satu faktor efektifitas koagulasi pada biji kelor. Dimana ketika semakin tinggi suatu ion yang berbeda, maka akan semakin cepat terjadi proses koagulasi. Mengingat kebanyakan koloid yang terkandung dalam limbah berasal dari material organik bermuatan negatif, sehingga dibutuhkan koagulan yang bermuatan sebaliknya yaitu positif. Hal tersebut didasarkan pada prinsip proses koagulasi, yaitu perbedaan antara koagulan yang digunakan dengan partikel koloid yang terkandung [20].

Protein dalam biji kelor dalam air dapat terlarut dan menghasilkan suatu muatan positif yang dapat bereaksi dengan koloid yang bermuatan negatif dalam air limbah seperti tanah liat, bakteri serta partikel-partikel yang terkandung [21]. Ikatan antara ion-ion tersebut selanjutnya akan membentuk flok melalui proses penggumpalan partikel-partikel yang terdapat dalam air.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hartati, dkk (2008) diperoleh data bahwa biokoagulan dari biji kelor lebih efektif dalam mengolah air limbah industri farmasi dibandingkan dengan PAC. Penggunaan PAC pada konsentrasi 100.000 ppm tidak berhasil mengendapkan air limbah, sementara biokoagulan biji kelor dapat mengendapkan air limbah dengan konsentrasi 10.000 ppm, meskipun hasilnya belum optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokoagulan biji kelor dapat menurunkan COD sebesar 78,25%, BOD sebesar 81,96%, dan TSS sebesar 96% [9]. Hasil yang diperoleh oleh peneliti Hartati, dkk (2008) menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan standar baku mutu, hasil tersebut belum memenuhi kriteria yang diizinkan, dan memerlukan penelitian lebih lanjut [9].

2) Cangkang telur ayam ras (*Gallus Gallus domesticus*)

Cangkang telur berfungsi melindungi bagian dalam telur dari kerusakan [22]. Cangkang telur ayam terdiri dari komposisi air sebesar 1,6% dan bahan kering sebesar 98,4%, yang terdiri dari protein sebesar 3,3% dan mineral sebesar 95,1%. Mineral dalam bahan kering terdiri dari $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,75%, CaCO_3 98,43%, dan MgCO_3 0,84% [9].

Selain mengandung protein, cangkang telur ayam yang kaya akan kalsium juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk menjernihkan air [23]. CaCO_3 atau kalsium karbonat memiliki kandungan yang dapat menghilangkan senyawa bersifat toksik, seperti kandungan fosfat maupun logam berat yang ada dalam air limbah. Hal ini disebabkan oleh CaO yang berfungsi sebagai komponen pengaktif yang dapat mengadsorpsi senyawa berbahaya [24].

Cangkang telur ayam memiliki kemampuan untuk mengikat flok-flok yang terdapat dalam air limbah, karena pada cangkang telur terdapat permukaan aktif yang memungkinkan terjadinya difusi antara adsorbat dan permukaan adsorben. Adsorben ini berasal dari pori-pori alami yang ada pada cangkang telur. Pori-pori tersebut terbentuk dari lapisan *mammillary* dan lapisan *spons*, yang membentuk matriks dari beberapa serat protein yang berikatan dengan kalsium karbonat, yang menyumbang sekitar 90% dari material yang terdapat dalam cangkang telur ayam [25].

Menurut penelitian Hesty, dkk (2020) ditemukan bahwa penggunaan koagulan cangkang telur ayam efektif dalam menurunkan kadar turbiditas, TSS, dan TDS dari limbah cair industri farmasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan TSS mencapai hasil optimal pada pH 8,0. Hal ini disebabkan oleh penurunan kelarutan CaCO_3 di atas pH 8, yang berdampak pada pengurangan jumlah partikel koloid yang dapat membentuk flok. Semakin baik kelarutan suatu koagulan, semakin mudah partikel-partikel koloid untuk dinetralkan dan membentuk flok. Dari penelitian Hesty Nur Hanifah, diperoleh persentase penurunan kadar TSS sebesar 82,05% dengan menggunakan koagulan cangkang telur ayam [7].

3) Kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca L*)

Kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca L*) mempunyai banyak kandungan, termasuk vitamin C, Vitamin B, kalsium, protein, lemak, selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil, rhamnosa, galaktosa, arabinosa dan asam galacturonic. Karena gugus fungsinya yang berupa gula karboksilat, asam galacturonic dapat mengikat dengan kuat ion Cu atau logam lainnya yang ada dalam air limbah. kandungan selulosa juga mampu mengikat Cu dan Pb [26].

Kandungan dalam kulit pisang kepok berupa protein juga mampu berperan baik dalam proses koagulasi. Dimana muatan positif asam amino yang ada pada molekul protein akan menarik komponen yang ada pada air limbah karena sifatnya yang asam [7]. Koagulan kulit pisang kepok lebih efektif menyerap ion logam Fe dibandingkan dengan menyerap CaCO_3 . Hal ini dikarenakan polaritas yang dimiliki oleh logam Fe lebih besar dibanding CaCO_3 , sehingga ion ini akan lebih mudah untuk berikatan dengan adsorben dari kulit pisang kepok yang bersifat polar [27]. Hal tersebut dibuktikan dengan penelitian Nuur Hanifah, dkk (2020) yang diperoleh hasil bahwasanya biokoagulan yang memanfaatkan kulit pisang kepok mampu menurunkan kadar TSS dengan persentase sebesar 83,2% [7].

4) Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*)

Keong sawah termasuk hewan yang tergolong *mollusca* dari kelas *gastrophoda*. Cangkang keong sawah memiliki kandungan yang salah satunya ada pada hampir semua hewan bercangkang yaitu senyawa kitosan. Senyawa kitosan merupakan turunan senyawa dari kitin yang mengandung banyak nitrogen pada gugus aminonya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai koagulan [28]. Senyawa kitosan termasuk ke dalam jenis polimer alami yang memiliki bentuk rantai lurus dengan rumus umum $(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4)$ atau *poly (B-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose)*, memiliki kandungan gugus amino yang bebas dan pada rantai karbonnya terdapat gugus hidroksil sehingga kitosan yang dimiliki bersifat reaktif. Selain sifat reaktifnya yang baik, kitosan juga bersifat sebagai penyerap dan penggumpal yang baik [10].

Cangkang keong sawah selain memiliki kandungan kitosan juga memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang mampu menurunkan kekeruhan pada air limbah, karena material berpori pada cangkang keong sawah akan mengikat partikel-partikel [11]. Kitosan yang didapatkan dari sekitar 385gram cangkang keong diperoleh sebanyak 33gram atau sekitar 8,5%. Sedangkan menurut teori cangkang keong sawah memiliki kandungan kitosan atau kitin mencapai sebanyak 20% [11].

Kitosan merupakan salah satu koagulan alami yang memiliki efektifitas untuk mengikat bahan pencemar di lingkungan terutama pada limbah cair. Kitosan memiliki sifat yang tidak mudah larut dalam asam sulfat dan air. Kitosan juga memiliki tingkat kelarutan yang rendah terhadap asam fosfat, asam nitrat, dan juga asam klorida. Kitosan sebagai biokoagulan juga memiliki beberapa keunggulan yaitu bersifat poli elektrolitik, tidak beracun, dan kondisinya di alam mampu terdegradasi secara ilmiah dengan mudah [10].

Menurut Nasution, dkk (2015) diperoleh bahwasannya menambah koagulan kitosan ke air limbah dapat menurunkan konsentrasi COD secara signifikan. Penurunan ini disebabkan oleh penghilangan bahan organik, yaitu padatan koloid organik yang ditemukan dalam air limbah. Dosis optimumnya adalah 250 mg/l yang dapat menurunkan COD sebesar 68,86% dan TSS sebesar 84,80% [11].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil studi literatur diatas, mengenai Analisis Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Dengan Memanfaatkan Berbagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS dapat disimpulkan bahwa penggunaan koagulan

alami memiliki keuntungan seperti mudah didapat, harga relatif murah, dan tidak menghasilkan limbah berbahaya. Proses pengolahan limbah farmasi menggunakan metode koagulasi digunakan untuk mengendapkan partikel koloid dalam limbah. Parameter yang diuji dalam pengolahan limbah farmasi termasuk BOD, COD, dan TSS. Dalam beberapa penelitian, bahan koagulan alami seperti biji kelor, cangkang telur ayam, kulit pisang kepok, dan cangkang keong sawah telah digunakan untuk menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dalam limbah farmasi. Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam), Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus Gallus domesticus*), Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L), dan Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri farmasi dengan persentase di atas 50%.

Tidak banyak penelitian yang dilakukan terkait penggunaan dan pemanfaatan koagulan alami dalam pengolahan limbah cair industri farmasi. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui lebih banyak terkait penggunaan koagulan alami dalam pengolahan limbah cair industri farmasi. Pemilihan koagulan yang digunakan yaitu koagulan yang mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS di atas 50% agar ketika diimplementasikan untuk mengolah limbah cair industri farmasi dapat memperoleh hasil yang maksimal.

REFERENSI

- [1] P. A. A. Suhermen dan P. Sri Komala, "Tinjauan Singkat Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi Dan Advanced Oxidation Processes (Aops)," *Journal of Environmental Management and Technology*, vol. 1, no. 2, 2022.
- [2] A. V. Yunus, "Review Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi," *Prosiding Sains Dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, hal. 514–520, 2023.
- [3] M. G. Sitorus, H. L. Karimah, M. N. Aditama, F. Pamuji, S. Sabrilla, dan H. Susanto, "Modifikasi Membran Ultrafiltrasi PvdF Dengan Penambahan Covalent Organic Framework Dan Nanopartikel Ag/Cu Dalam Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi," 2023.
- [4] R. Yuliasni, N. I. Pratiwi, N. I. Handayani, A. Budiarto, "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Industri Farmasi," Dalam *Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship*, 2021, hal. 220–225.
- [5] N. Nurhidayati, M. Syafila, A. J. Effendi, dan D. W. Putri, "Mekanisme Biosorpsi Senyawa Polutan Organik Persisten (Pops) Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi: Suatu Review," *Jurnal Ilmu Lingkung*, vol. 21, no. 2, hal. 408–419, 2023.
- [6] D. D. Poerwanto, E. P. Hadisantoso, dan D. S. Isnaini, "Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi," *Al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, vol. 2, no. 1, hal. 24–29, 2015.
- [7] H. N. Hanifah, G. Hadisoebroto, dan D. I. S. Anggraeni, "Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras Dan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* Abb) Dalam Menurunkan Turbiditas, TDS, dan TSS Dari Limbah Cair Industri Farmasi," *Al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, vol. 7, no. 1, hal. 47–54, 2020.
- [8] M. Hadiwidodo, M. N. Ainurrofiq, P. Purwono, dan W. Oktiawan, "The Use of Nano-Bio Coagulant from Rice Snail (*Pila Ampullacea*) Shells to Reduce COD, Turbidity, And

- TSS Of Pharmaceutical Industry Wastewater,” *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 16, no. 3, hal. 133–139, 2019.
- [9] E. Hartati, M. Sutisna, dan S. Windi Nursandi, “Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Farmasi Menggunakan Koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lam*) dan Pac (Poly Aluminium Chloride),” *Indonesian Journal of Urban and Enviromental Technology*, vol. 4, no. 3, hal. 68–73, 2008.
- [10] M. N. M. Ainurrofiqu, P. Purwono, dan M. Hadiwidodo, “Studi Penurunan TSS, Turbidity, dan COD Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) Sebagai Nano Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Pt. Phapros, Tbk Semarang,” *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hal. 1–13, 2017.
- [11] P. Nasution, S. Sumiyati, dan I. W. Wardhana, “Studi Penurunan Tss, Turbidity Dan Cod Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Pt. Sido Muncul, Tbk Semarang,,” *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 4, no. 1, hal. 1–10, 2015.
- [12] S. Sibartie dan N. Ismail, “Potential of *Hibiscus Sabdariffa* And *Jatropha Curcas* As Natural Coagulants in The Treatment of Pharmaceutical Wastewater,” *Matec Web of Conferences*, vol. 152, no. 01009, 2018.
- [13] H. Kristianto, S. Prasetyo, A. Kleopas, S. Jurusan, dan T. Kimia, “Pemanfaatan Ekstrak Protein Dari Kacang-Kacangan Sebagai Koagulan Alami,” *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 13, no. 2, hal. 65–80, 2019.
- [14] H. Kristianto, A. Jennifer, A. Kleopas Sugih, dan S. Prasetyo Jurusan Teknik Kimia, “Potensi Polisakarida Dari Limbah Buah-Buahan Sebagai Koagulan Alami Dalam Pengolahan Air Dan Limbah Cair: Review,” *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 14, no. 2, hal. 108–127, 2020.
- [15] D. Nursyamsi, R. Artanti, A. Kurnia, Y. Hindarwati, dan B. Penelitian Lingkungan Pertanian Jl Raya Jakenan-, “Efektivitas Koagulan dan Adsorben Alami Dalam Pengolahan Limbah Cair Elektroplating Tercemar Logam Berat Karsinogenik,” *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 2, no. 1, hal. 45–56, 2011.
- [16] W. Atima, “BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah,” *Biosel: Biology Science and Education*, vol. 4, no. 1, hal. 83–93, 2015.
- [17] Y. S. Sari, “Mengolah COD Pada Limbah Laboratorium,” *Jurnal Komunitas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, hal. 22–31, 2019.
- [18] J. Jiyah, B. Sudarsono, dan A. Sukmono, “Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat,” *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 6, no. 1, hal. 41–47, 2017.
- [19] A. R. Bangun, S. Aminah, R. A. Hutahaeen, dan M. Y. Ritonga, “Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu,” *Jurnal Teknik Kimia Usu*, vol. 2, no. 1, hal. 7–13, 2013.
- [20] S. Ramadhani, A. T. Sutanahaji, dan B. R. Widiatmono, “Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*), Poly Aluminium Chloride (Pac), Dan Tawas Sebagai Koagulan Untuk Air Jernih Effectiveness Comparison of Moringa Seed Flour (*Moringa Oleifera Lamk*), Poly Aluminium Chloride (Pac), And Alum as Coagulant for

- Clear Water,” *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, vol. 1, no. 3, hal. 186–193, 2013.
- [21] A. Hak, Y. Kurniasih, dan H. Hatimah, “Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lam) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS Dan TSS Dalam Limbah Laundry,” *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, vol. 6, no. 2, hal. 100–113, 2019.
- [22] M. A. Majedi, E. S. Mahanani, dan D. Triswari, “Perbedaan Efektivitas Penambahan Bubuk Cangkang Telur Ayam Ras Dengan Ayam Kampung Terhadap Durasi Perdarahan (In Vivo),” *Insisiva Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*, vol. 2, no. 1, hal. 73–79, 2013.
- [23] M. Y. P. Bertus, S. Suherman, dan S. M. Sabang, “Karakterisasi Ftir Poliblend Adsorben Serbuk Biji Buah Kelor (*Moringa Oleifera*) Dan Cangkang Ayam Ras Untuk Pengolahan Air Gambut Di Daerah Palu Barat,” *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 3, no. 1, hal. 21–29, 2014.
- [24] A. A. Baharsyah, Sabdiansyah, Munira, dan A. Suryanto, “Efektivitas Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Penetralisir Derajat Keasaman Dan Kekeruhan Pada Air Limbah Industri Makanan,” *Journal of Materials Processing and Environment*, vol. 1, no. 1, 2023.
- [25] F. Fatma, A. Oktorilyani, dan H. Jumiaty, “Analisis Perbedaan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Serbuk Cangkang Telur Pada Air Sumur Gali,” *Human Care Journal*, vol. 7, no. 2, hal. 430–441, 2022.
- [26] A. Susilawaty, M. Amansyah, dan J. Jumiaty, “Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Berdasarkan Parameter Besi (Fe) Dengan Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Di Dusun Alekanrung Desa Kanrung Kabupaten Sinjai,” *Al-Sihah: The Public Health Science Journal*, vol. 7, no. 2, hal. 166–167, 2015.
- [27] B. Budiman, H. Hamidah, dan H. Hasria, “Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Sebagai Biofilter Zat Besi (Fe) Dan Zat Kapur (CaCO_3),” *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 8, no. 2, hal. 152–158, 2018.
- [28] S. Q. Nasrulloh, E. R. S. Dewi, dan M. Anas Dzakiy, “Kombinasi Kitosan Cangkang Keong Sawah (*Pila Apollacea*) Dan Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Biokoagulan Dalam Menurunkan Kadar COD, TSS Pada Limbah Cair Batik,” *Dalam Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship*, 2021, hal. 162–168.