



ARTICLE

Pemanfaatan Biokoagulan dari Jangkrik Tropis (*Grylloides Sigillatus*) dan Jamur Limbah Tandan Sawit Menggunakan Metode Jarrest Pada Limbah Keramik

Anggy Natalia Sutanyo^{1*}, Evryl Aqmarina Sabil¹

¹POLBAN, Indonesia

Koresponden: E-mail: anggy.natalia52@polban.ac.id

ABSTRAK

Biokoagulan didapatkan dari berbagai jenis hewani dan nabati. Di Indonesia sendiri merupakan salah satu negara beriklim tropis yang memiliki kelembapan tinggi sehingga berbagai hewan dan mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik. Salah satu mikroorganisme yang tumbuh adalah jamur, sedangkan hewan adalah jangkrik. Tidak semua jenis jamur dapat dikonsumsi karena mengandung racun yang berbahaya bagi kesehatan seperti jamur yang hidup pada limbah tandan kelapa sawit. Sedangkan, pada pertanian cabai dan tembakau, jangkrik dianggap sebagai hama perusak tanaman. Oleh karena itu, jamur dan jangkrik dimanfaatkan menjadi biokoagulan karena jamur mengandung kitin yang cukup tinggi sebesar 22-44% sedangkan jangkrik mengandung protein sebesar 65%. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui hasil penurunan kekeruhan, TSS, dan COD, mengetahui karakteristik biokoagulan, dan mencari kondisi operasi optimum (dosis dan pH). Penelitian ini menggunakan metode jarrest yang melibatkan air limbah artifisial yang dikondisikan sebagai air limbah keramik. Variasi dosis yang dipakai sebesar 10-150 mg/L (jamur) dan 25-200 mg/L (jangkrik) serta pH 4-12 dengan masing-masing 16 percobaan. Hasil efisiensi penurunan kekeruhan, TSS, dan COD terbaik pada biokoagulan jangkrik sebesar 88,373%; 47,338%; dan 55,286%, sedangkan pada biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit sebesar 83,377%, 37,338%, dan 55,286%. Karakteristik biokoagulan jangkrik yang diperoleh dari hasil FTIR menunjukkan adanya gugus karboksil dan amina, sedangkan biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit menunjukkan adanya gugus karboksil, hidroksil, dan amina yang merupakan komponen aktif dari koagulan. Dosis optimum biokoagulan jangkrik sebesar 85,85 mg/L dengan pH 6,999, sedangkan dosis optimum biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit sebesar 10 mg/L dengan pH 8,584.

Kata Kunci: air limbah keramik; biokoagulan; jamur; jangkrik; koagulasi-flokulasi

ABSTRACT

Biocoagulants are derived from various animal and plant sources. In Indonesia, being a tropical country with high humidity, it provides favorable conditions for the growth of various animals and microorganisms. One such microorganism that thrives is fungi, while the animal of interest is the cricket. Not all types of fungi are suitable for consumption as some contain dangerous toxins, such as those found in fungi that grow on palm oil waste. Conversely, in chili and tobacco farming, crickets are considered plant pests. Therefore, fungi and crickets are utilized as biocoagulants due to the high chitin content of fungi, ranging from 22-44%, and the protein content of crickets, which is 65%. The objectives of this research are to determine the decrease in turbidity, total suspended solids (TSS), and chemical oxygen demand (COD), understand the characteristics of the biocoagulant, and find the optimal operating conditions (dose and pH). The research employed the jar test method, using artificially conditioned ceramic wastewater. The dosage variations for fungi were 10-150 mg/L, for crickets were 25-200 mg/L, and pH ranges from 4 to 12, with 16 experiments conducted for each condition. The best efficiency results for the reduction of turbidity, TSS, and COD were obtained with cricket biocoagulants, measuring 88.373%, 47.338%, and 55.286% respectively, while for fungi derived from palm oil waste, the efficiency percentages were 83.377%, 37.338%, and 55.286%. The characteristics of the cricket biocoagulant obtained from FTIR analysis indicated the presence of carboxyl and amine groups, whereas the fungi biocoagulant from palm oil waste showed the presence of carboxyl, hydroxyl, and amine groups, which are the active components of the coagulant. The optimum dosage for the cricket biocoagulant was found to be 85.85 mg/L with a pH of 6.999, while for the fungi biocoagulant from palm oil waste, it was 10 mg/L with a pH of 8.584.

Keyword: ceramic wastewater; biocoagulant; fungi; crickets; coagulation-flocculation

Diterima 27 Feb 2024
Diperbaiki 24 Mar 2024
Diterbitkan 30 Apr 2024

PENDAHULUAN

Air limbah industri keramik merupakan sumber pencemaran lingkungan yang memerlukan penanganan sebelum dibuang. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan biokoagulan untuk mengurangi pencemaran dalam air limbah tersebut [1-2]. Dalam penelitian ini, fokus diberikan pada penggunaan biokoagulan yang berasal dari jangkrik dan limbah jamur kelapa sawit. Kawasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia merupakan tempat yang lembab, yang banyak dihuni oleh jamur makroskopis. Limbah tandan kelapa sawit yang membusuk menjadi tempat tumbuh bagi jamur kelapa sawit [3-4]. Selain itu, jangkrik, serangga hama yang melimpah di lingkungan tropis Indonesia, juga memiliki potensi sebagai biokoagulan karena kandungan protein yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas biokoagulan jangkrik dan limbah jamur kelapa sawit dalam mengolah air limbah industri keramik, dengan fokus pada penurunan kekeruhan, TSS, dan COD. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengkarakterisasi biokoagulan menggunakan metode FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) dan menentukan kondisi operasi yang optimal, seperti dosis dan pH, untuk pengolahan air limbah [5-6]. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan metode pengolahan air limbah industri keramik yang lebih efisien dan ramah lingkungan menggunakan biokoagulan jangkrik dan limbah jamur kelapa sawit.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji efektivitas biokoagulan jangkrik dan limbah jamur kelapa sawit dalam mengolah air limbah industri keramik. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai bahan dan alat yang digunakan, prosedur pengambilan sampel, serta analisis yang akan dilakukan.

2.1 Alat

Alat utama pada proses koagulasi-flokulasi ini terdiri dari peralatan yang digunakan pada saat proses *jar test* dan pengendapan. Peralatan utama yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peralatan utama proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan

Alat Utama	Spesifikasi	Jumlah
Jar test		1 Buah
Gelas kimia	1000 mL	6 Buah
Kerucut inhoff		6 Buah
Timbangan analitik		1 Buah

Alat uji merupakan alat-alat penunjang proses analisis pada proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan. Alat uji yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat uji proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan

Alat Uji	Jumlah
Turbidimeter	1 Buah
pH meter	1 Buah
FTIR	1 Buah

2.2 Bahan

Bahan utama pada proses koagulasi-flokulasi terdiri dari bahan saat proses pembuatan biokoagulan dan proses koagulasi-flokulasi. Bahan utama pembuatan biokoagulan yaitu jamur tandan kelapa sawit yang berasal dari perkebunan kelapa sawit di Kalimantan dan jangkrik tropis yang berasal dari penjual jangkrik untuk pakan burung dekat kampus Politeknik Negeri Bandung. Air limbah industri keramik yang dibuat dari air limbah artifisial menggunakan kaolin. Bahan utama ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan utama

Bahan Utama	Jumlah
Jamur Tandan Kelapa Sawit	1 kg
Jangkrik Tropis	1 kg
Air limbah artifisial	20 L
Aqua Clear	10 mL

2.3 Prosedur

Penelitian ini melibatkan beberapa tahap, yaitu pengambilan bahan baku air limbah industri keramik, jamur, dan jangkrik. Selanjutnya, dilakukan pembuatan biokoagulan jamur dan jangkrik. Proses selanjutnya adalah koagulasi-flokulasi menggunakan alat jar test dengan variasi dosis dan pH. Setelah itu, dilakukan pengendapan menggunakan kerucut Inhoff. Terakhir, dilakukan analisis kekeruhan dan TSS pada sampel air limbah yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi.

Pengambilan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari jamur sebanyak 1 kg yang berasal dari perkebunan kelapa sawit di Kalimantan, jangkrik sebanyak 1 kg yang diperoleh dari penjual jangkrik untuk pakan burung di dekat kampus Politeknik Negeri Bandung, dan air limbah artifisial sebanyak 20 L yang dikondisikan menyerupai air limbah industri keramik. Bahan kimia tambahan yang digunakan adalah flokulan (*aquaclear*) yang diperoleh dari toko bahan kimia di Bandung.

Proses Pembuatan Biokoagulan

Biokoagulan dalam penelitian ini terbuat dari limbah jamur tandan kelapa sawit dan jangkrik. Sampel jamur dan jangkrik dipotong kecil-kecil dan dikumpulkan dalam wadah yang sama. Kemudian, sampel tersebut dibersihkan dengan air suling untuk menghilangkan debu dan kontaminan, dan diperas untuk mengurangi kandungan air. Sampel yang telah bersih ditempatkan secara merata di atas loyang dan dikeringkan dalam Memmert Oven Laboratorium pada suhu 60°C selama 6 jam. Setelah itu, sampel yang telah kering digiling menjadi bubuk halus menggunakan penggiling (blender), dan diayak dengan sieve shaker berukuran 0,5 mm untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Serbuk jamur dan jangkrik yang telah dihasilkan siap digunakan sebagai biokoagulan dalam pengolahan air limbah industri keramik.

Proses Persiapan Air Limbah

Dalam penelitian ini, digunakan air limbah artifisial yang disiapkan dengan mencampurkan 500 gram bubuk kaolin dengan 20 L air keran. Campuran tersebut diaduk selama 2 jam dengan magnetic stirrer pada kecepatan 120 rpm. Setelah itu, air limbah dibiarkan diam selama 24 jam sebelum penelitian dilakukan. pH awal air limbah disesuaikan menggunakan 1N NaOH atau H₂SO₄.

Jartest

Dalam penelitian ini, air limbah industri keramik dihomogenkan dalam 6 gelas kimia 1000 mL dengan volume 500 mL per gelas. Pengadukan dilakukan menggunakan alat Jar Test Lavibond dengan tiga langkah: pengadukan cepat selama 4 menit pada kecepatan 150 rpm dengan penambahan biokoagulan, pengadukan lambat selama 25 menit pada kecepatan 40 rpm dengan penambahan flokulan 0,1%, dan sedimentasi selama 60 menit menggunakan kerucut inhoff. Setelah itu, diambil 250 mL sampel dari permukaan untuk analisis kekeruhan menggunakan turbidimeter, dengan setiap analisis dilakukan secara duplo.

Analisis Kekeruhan, TSS, dan COD

Analisis kekeruhan dilakukan dengan menggunakan turbidimeter Micro TPW. Sampel air limbah industri keramik dan hasil proses koagulasi-flokulasi diukur nilai kekeruhannya dengan mengikuti prosedur penggunaan turbidimeter.

Analisis TSS dilakukan dengan metode gravimetri mengacu pada SNI 6989.3:2019. Sampel air limbah industri keramik atau hasil proses koagulasi-flokulasi disaring menggunakan kertas saring dengan pori 1,5 µm. Kertas saring yang mengandung TSS dikeringkan, didinginkan, dan ditimbang hingga diperoleh berat yang konstan.

Analisis COD dilakukan dengan metode titrasi menggunakan larutan pereaksi asam sulfat dan pereaksi

dikromat. Sampel air limbah industri keramik atau hasil proses koagulasi-flokulasi dipanaskan dalam COD digester selama 2 jam. Setelah didinginkan, dilakukan titrasi menggunakan pereaksi FAS dengan indikator PP untuk mengukur nilai COD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dapat digabungkan dengan bagian Diskusi menjadi bagian Hasil dan Pembahasan. Pada bagian hasil Jelaskan hasil penelitian. Data harus disajikan singkat mungkin, dan dalam bentuk tabel atau gambar jika sesuai, meskipun tabel sangat besar harus dihindari. Pada bagian pembahasan harus merupakan interpretasi hasil pekerjaan (bukan pengulangannya) dalam konteks penelitian sebelumnya untuk mendukung atau menolak suatu hipotesis. Hindari referensi berlebihan dari literatur yang diterbitkan.

3.1. Kondisi Awal Air Limbah

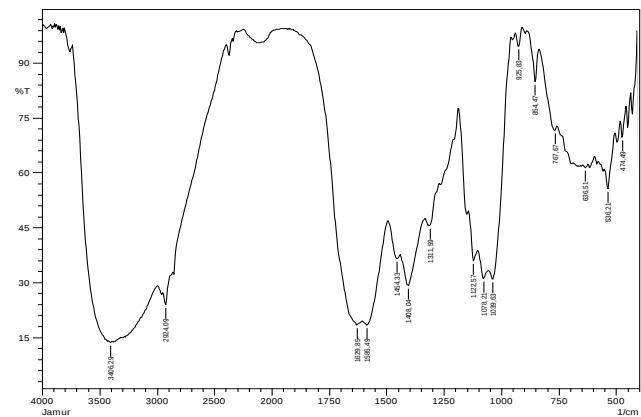
Pada penelitian ini, digunakan air limbah artifisial yang disiapkan dengan mencampurkan 500 gram kaolin dengan 20 liter air keran dan diaduk selama 2 jam. Air limbah artifisial ini kemudian dianalisis untuk mengetahui kondisi awalnya, termasuk parameter TSS, kekeruhan, pH, dan COD. Hasil analisis menunjukkan bahwa karakteristik air limbah artifisial sudah mendekati air limbah keramik di industri, namun kekeruhannya masih relatif rendah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Konsentrasi TSS dan COD sudah sesuai dengan karakteristik air limbah industri keramik, namun nilai TSS melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya kandungan senyawa organik dalam air limbah. Oleh karena itu, proses koagulasi-flokulasi diharapkan dapat menurunkan nilai COD dan meningkatkan kualitas air limbah.

Tabel 4. Kondisi Awal Air Limbah

Kondisi Awal Air Limbah Artifisial	
Parameter	Nilai
TSS	12.463 mg/L
Kekeruhan	78,24 NTU
COD	256 mg/L

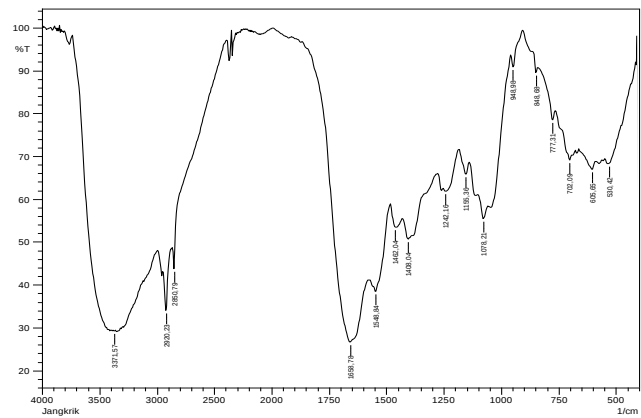
3.2. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan dengan rentang bilangan gelombang (*wavenumber*) dari 500-4000 cm⁻¹. Dari hasil analisis FTIR dengan sampel biokoagulan limbah jamur tandan kelapa sawit dan jangkrik, diperoleh spektrum inframerah seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.



Gambar 1. Spektrum infrared dari sampel biokoagulan limbah jamur tandan kelapa sawit

Hasil analisis FTIR pada biokoagulan limbah jamur tandan kelapa sawit menunjukkan adanya serangkaian bilangan gelombang yang merupakan ciri khas dari kristal polisakarida. Spektrum inframerah menunjukkan adanya gugus -OH (hidroksil) dan gugus amida yang mengindikasikan adanya kitin [5]. Terdapat juga vibrasi ikatan C-N dan ikatan C-O yang merupakan karakteristik dari kitin. Hasil spektrum inframerah menunjukkan adanya polimer dengan gugus karboksil, hidroksil, dan amina, yang berperan dalam proses koagulasi. Gugus-gugus tersebut memiliki muatan yang berbeda dan dapat berinteraksi dengan partikel koloid, membentuk flok, dan berperan sebagai polielektrolit [2-3].



Gambar 2. Spektrum infrared dari sampel biokoagulan jangkrik

Analisis gugus fungsi FTIR pada biokoagulan jangkrik menunjukkan adanya gugus amina, gugus alkana, gugus karboksil, dan gugus amida. Gugus amina terlihat pada panjang gelombang 1180-1360 cm⁻¹, sedangkan gugus alkana terlihat pada panjang gelombang 2850-2960 cm⁻¹. Gugus karboksil dan amina berikatan membentuk ikatan peptida, yang terlihat pada panjang gelombang 3000-3600 cm⁻¹ dan 1080-1300 cm⁻¹ [6]. Adanya gugus karboksil dan gugus amida menunjukkan adanya protein dalam biokoagulan jangkrik. Gugus karboksil bermuatan negatif dan gugus amida bermuatan positif, yang berperan dalam proses koagulasi dengan netralisasi muatan dan pembentukan interparticle bridging. Gugus-gugus ini

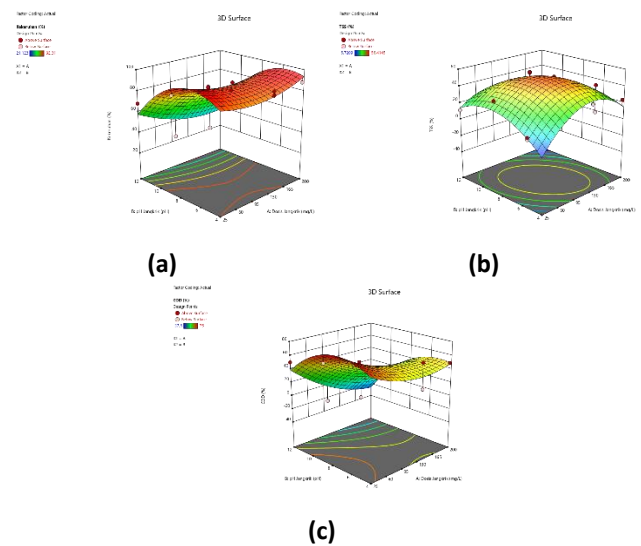
mempengaruhi muatan dan karakteristik polielektrolit protein dalam proses koagulasi⁵.

3.3 Hasil ANOVA dan Plot Permukaan Respons 3D

Hasil karakterisasi air limbah yang sudah melalui perlakuan proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan jamur dan jangkrik diuji menggunakan uji ANOVA (*Analysis of variace*) [1]. Uji ini dilakukan untuk menentukan signifikansi analisis respon antar variabel dan dapat mengetahui model yang disarankan oleh *Design Expert* [4]. Hasil uji ANOVA yang diperoleh untuk setiap parameter (kekeruhan, TSS, dan COD) dapat dilihat pada Tabel 5. untuk biokoagulan Jangkrik dan Tabel 6. untuk biokoagulan Jamur.

Tabel 5. Hasil ANOVA biokoagulan jangkrik

Parameter	Model significance (p value)	Lack of fit significance (p value)
Kekeruhan	0,0014	0,6249
TSS	0,0043	0,4513
COD	0,0009	0,5946



Gambar 3(a). Permukaan Respons 3D Kekeruhan Jamur, 3(b). Permukaan Respons 3D TSS Jamur, dan 3(c). Permukaan Respons 3D COD Jamur

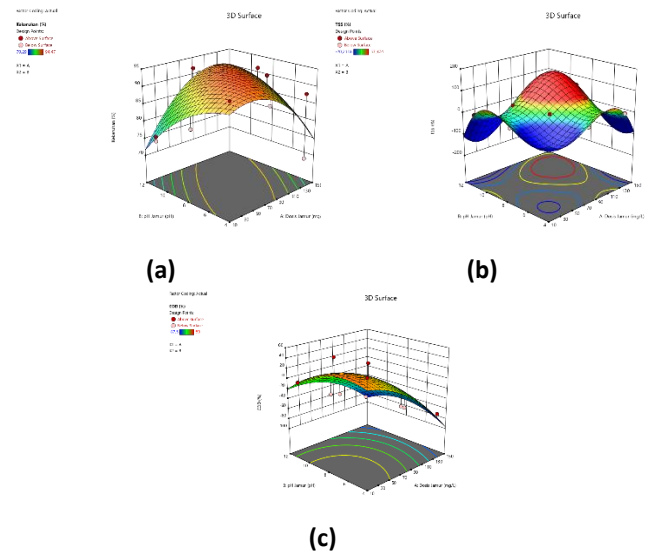
Dalam penelitian ini, dilakukan analisis pengaruh dosis dan pH terhadap penurunan kekeruhan, TSS, dan COD pada air limbah industri keramik menggunakan biokoagulan jangkrik. Hasil plot permukaan respon 3D menunjukkan bahwa dosis dan pH memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan kekeruhan, TSS, dan COD. Pada penurunan kekeruhan, dosis sebesar 95 mg/L dan pH 7 menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 92,31%. Untuk penurunan TSS, dosis sebesar 101,125 mg/L dan pH 8,64 memberikan penurunan TSS terbesar sebesar 56,41%. Sedangkan pada penurunan COD, dosis sebesar 25 mg/L dengan pH 5 memberikan penurunan COD tertinggi sebesar

Chemica Isola, Volume 4 Issue 1, April 2024 Hal 235-240

92%. Dalam memperbaiki kualitas air limbah, dosis dan pH optimal adalah sebesar 85,850 mg/L dan pH 6,9 yang memberikan penurunan kekeruhan sebesar 88,373%, TSS sebesar 47,338%, dan COD sebesar 55,386%.

Tabel 6. Hasil ANOVA biokoagulan jamur limbah tandan sawit

Parameter	Model significance (p value)	Lack of fit significance (f value)
Kekeruhan	0,0369	0,8090
TSS	0,0018	0,0694
COD	0,0039	0,1241



Gambar 4(a). Permukaan Respons 3D Kekeruhan Jangkrik, **4(b).** Permukaan Respons 3D TSS Jangkrik, dan **4(c).** Permukaan Respons 3D COD Jangkrik

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis pengaruh dosis dan pH terhadap penurunan kekeruhan, TSS, dan COD pada air limbah industri keramik menggunakan biokoagulan jamur. Hasil plot permukaan respon 3D menunjukkan bahwa dosis dan pH memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan kekeruhan, TSS, dan COD. Pada penurunan kekeruhan, dosis sebesar 59 mg/L dan pH 10,16 menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 94,47%. Untuk penurunan TSS, dosis sebesar 150 mg/L dan pH 9,2 memberikan penurunan TSS terbesar sebesar 57,47%. Sedangkan pada penurunan COD, dosis sebesar 10 mg/L dengan pH 4 memberikan penurunan COD tertinggi sebesar 50%. Dalam memperbaiki kualitas air limbah, dosis dan pH optimal adalah sebesar 78,062 mg/L dan pH 8,379 yang memberikan penurunan kekeruhan

sebesar 92,756%, TSS sebesar 57,474%, dan COD sebesar 5,269%.

3.4 Kefektifan Biokoagulan Jamur dan Jangkrik

Biokoagulan nabati, seperti biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit, lebih efektif dalam penurunan kekeruhan dan TSS dengan dosis rendah. Biokoagulan hewani, seperti biokoagulan jangkrik, lebih efektif dalam penurunan COD dengan dosis rendah. Biokoagulan nabati lebih sering digunakan di Indonesia karena lebih ekonomis dan bahan-bahannya lebih mudah didapatkan.

KESIMPULAN

Biokoagulan jangkrik menunjukkan hasil efisiensi penurunan kekeruhan, TSS, dan COD terbaik sebesar 88,373%, 47,338%, dan 55,286%. Sedangkan biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan, TSS, dan COD sebesar 83,377%, 37,338%, dan 55,286%. Biokoagulan jangkrik memiliki gugus karboksil dan amina, sedangkan biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit memiliki gugus karboksil, hidroksil, dan amina yang berperan sebagai komponen aktif dalam koagulan. Dosis optimum untuk biokoagulan jangkrik adalah 85,85 mg/L dengan pH 6,999, sedangkan dosis optimum untuk biokoagulan jamur limbah tandan kelapa sawit adalah 10 mg/L dengan pH 8,584.

KONTRIBUSI PENULIS

AG mencari referensi berbagai jurnal untuk melatarbelakangi penelitian ini. EV menyusun proposal, sedangkan AG merapikannya. EV dan AG melakukan pekerjaan laboratorium dan menganalisis data. EV dan AG menulis naskah. Semua penulis membaca dan menyetujui versi final naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.M. Aguilera Flores, N.A. Medellín Castillo, V. Ávila Vázquez, R. González García, A. Cardona Benavides, and C. Carranza Álvarez, "Evaluation of a biocoagulant from devilfish invasive species for the removal of contaminants in ceramic industry wastewater". *Scientific Reports*, **12(1)**, 2022.
- [2] E. Prihatinningtyas, dan A.J. Effendi "Aplikasi Koagulan Alami dari Tepung Jagung dalam Pengolahan Air Bersih". *Jurnal Teknosains*, **2(2)**, 71–158 2013.
- [3] E. Prihatinningtyas, dan A.J. Effendi, (2018). Karakterisasi Ekstrak Tapioka dan Tapioka Ionik sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Air Characterization of Tapioca Extract and Tapioca Ionic as Natural Coagulants for Water Treatment. *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 19, Nomor 2), 165-172.
- [4] M. Babaki, M. Yousefi, Z. Habibi, and M. Mohammadi, "Process optimization for biodiesel production from waste cooking oil using multi-enzyme systems through response surface methodology". *Renewable Energy*, **105**, 465–472, 2017.
- [5] E.J. Dompein, "Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan Spektroskopi Inframerah". *Majalah Biam*, **01**, 31–41, 2017.
- [6] A. Rahmawati, B. Kuswandi, & Y. Retnaningtyas, (2015). Deteksi Gelatin Babi pada Sampel Permen Lunak Jelly Menggunakan Metode Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Kemometrik. *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, **3(2)**, 278–283.