PEMANFAATAN BIOKOAGULAN CANGKANG TELUR AYAM PADA PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK

Noorma Kurnyawaty[1)], Alfiyah Nur Azizah[1)], dan Arief Adhiksana[1)]

[1]Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr. Ciptomangunkusumo Kampus Gunng Panjang, Samarinda, 75131

E-mail: noormakurnyawaty@polnes.ac.id

Abstract

Eggshells waste is a solid waste that has that has not been optimally utilized. Chicken eggshells contain 98.2% calcium which can be used as a biocoagulant to reduce pollution levels. Domestic wastewater contains chemicals that have the potential to harm human health and the surrounding environment. This research examines the effect of biocoagulant mass on pH, chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), and turbidity. The process of calcining chicken eggshells at a temperature of 900℃ will decompose $CaCO_3$ (calcium carbonate) into CaO (calcium oxide). The calcined powder (biocoagulant) was applied to domestic wastewater using the jar test method at a stirring speed of of 150 rpm for 2 minutes, then continued with slow stirring at 30 rpm for 30 minutes. Wastewater treatment was carried out by coagulation-flocculation process with variations in biocoagulant mass (0 g, 0.25 g, 0.3 g, 0.35 g, 0.4 g, 0.45 g and 0.5 g). The optimum biocoagulant mass of 0.45 g reduced COD levels to 96 mg/L (75.51%), TSS levels to 25 mg/L (88%) and turbidity levels to 59 FTU (77.04%). This research shows that calcined chicken eggshells can be used in domestic wastewater treatment and have met the quality standard.

Keywords: *biocoagulant, calcination, chicken eggshells, domestic wastewater*

Abstrak

Limbah cangkang telur merupakan limbah padat yang belum dimanfaatkan secara optimal. Cangkang telur ayam mengandung 98,2% kalsium yang dapat digunakan sebagai biokoagulan untuk menurunkan tingkat pencemaran pada air limbah. Air limbah domestik mengandung bahan kimia yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan sekitar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh massa biokoagulan terhadap pH, chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), dan kekeruhan. Proses kalsinasi cangkang telur ayam pada suhu 900℃, akan mengurai $CaCO_3$ (kalsium karbonat) menjadi CaO (kalsium oksida). Serbuk hasil kalsinasi (biokoagulan) diaplikasikan pada air limbah domestik dengan metode *jar test* pada pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat 30 rpm selama 30 menit. Pengolahan air limbah dilakukan dengan proses koagulasi-flokulasi dengan variasi massa biokoagulan (0 g, 0,25 g,0,3 g, 0,35 g, 0,4 g, 0,45 g dan 0,5 g). Hasil terbaik pada massa biokoagulan 0,45 g didapatkan kadar COD sebesar 96 mg/L (75,51%), kadar TSS sebesar 25 mg/L (88%) dan kadar turbiditas sebesar 59 FTU (77,04%). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cangkang telur ayam yang telah dikalsinasi dapat digunakan dalam pengolahan air limbah domestik dan telah memenuhi standar mutu.

Kata kunci: air limbah domestik, biokoagulan, cangkang telur ayam, kalsinasi

PENDAHULUAN

Cangkang telur merupakan sampah padat yang berasal dari rumah tangga yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar sampah cangkang telur

umumnya dibuang ke tempat sampah tanpa pemrosesan lebih lanjut. Cangkang telur dapat diurai oleh mikroba yang ada di tanah, namun memerlukan waktu yang lama, sehingga akan mempengaruhi pencemaran lingkungan. Penumpukan cangkang telur dapat mempengaruhi kualitas udara, tanah, dan estetika lingkungan (Hanifah et al., 2020).

Dalam proses pengolahan air, penggunaan bahan kimia seperti alu, kapur, dan tawas, dan garam-garam besi sering digunakan dalam dosis tinggi. Akibatnya, endapan dapat menjadi sulit untuk diatasi. Salah satu alternatif pengganti koagulan berbahan kimia adalah dengan menggunakan koagulan alami. Koagulan adalah zat yang ditambahkan ke dalam air limbah untuk mempercepat proses pengendapan partikel kecil yang tersuspensi. Koagulan alami adalah senyawa yang dapat diperoleh dari cangkang hewan atau biji-bijian yang memiliki banyak protein polikationik (Marwanto & Mulyanti, 2022). Oleh karena itu, penggunaan bahan alami sebagai koagulan sangat penting karena mereka bersifat dapat terurai secara alami (*biodegradable*), lebih aman bagi lingkungan dan tidak mengandung racun. Salah satu limbah buangan yang dapat dimanfaatkan adalah cangkang (kulit) telur. Cangkang telur tersusun dari kandungan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang melimpah yaitu kurang lebih 98,2 % (King'ori, 2011). Hal ini menjadikan cangkang telur sebagai salah satu sumber biokogaulan.

Koagulasi-flokulasi adalah sebuah metode dalam proses pengolahan limbah cair. Proses ini diawali dengan koagulasi, yaitu destruksi stabilitas partikel melalui pencampuran koagulan secara cepat. Selanjutnya, tahap flokulasi dilakukan dengan pengadukan lambat guna menstimulasi tumbukan antarpartikel yang telah tidak stabil tersebut hingga membentuk flok yang lebih besar. Pengolahan limbah cair dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan terhadap limbah cair domestik.

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari sisa aktivitas kehidupan rumah tangga. Limbah domestik menjadi pemicu utama pencemaran perairan dengan kontribusi mencapai 60%–70% akibat pelepasan limbah kimia berbahaya dari area pemukiman (Rahman, 2022). Limbah domestik teridiri dari dua jenis berdasarkan karakteristik sumbernya yaitu *balck water* dan *grey water*. *Grey water* merupakan air limbah yang mencakup air sisa operasional dapur, mencuci pakaian, dan mandi, sedangkan *black water* lebih spesifik merujuk pada air buangan yang dihasilkan dari aktivitas toilet.

Penelitian Cahyadinata (2023) telah melakukan pembuatan biokoagulan dari cangkang telur tanpa proses kalsinasi dengan variasi dosis koagulan yang digunakan dan diaplikasikan terhadap limbah domestik. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Evi dan Thiando., (2020) telah melakukan pembuatan biokoagulan dari cangkang kerang dengan proses kalsinasi untuk mengubah senyawa kalsium karbonat ($CaCO_3$) menjadi senyawa kalsium oksida (CaO) dan diaplikasikan terhadap limbah domestik. Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, penelitian dilakukan untuk memanfaatkan limbah cangkang telur yang dikalsinasi untuk dijadikan sebagai biokoagulan dalam pengolahan air limbah domestik. Analisa dilakukan melalui parameter pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan (turbiditas) dari sampel air limbah domestik.

METODE PENELITIAN

Peralatan pada penelitian ini antara lain adalah oven, neraca analitik, perangkat gelas laboratorium, furnace, desikator, hot plate, pH meter, turbidimeter. Bahan pada penelitian adalah cangkang telur ayam, sampel air limbah domestik, larutan $K_2Cr_2O_7$, FAS,Ag_2SO_4, H_2SO_4, $HgSO_4$, Indikator feroin, Aquadest,dan kertas saring Whatman 42.

Preparasi Biokoagulan

Cangkang telur ayam bersih dan kering, dihancurkan dan dipanaskan pada suhu 500°C selama 3 jam. Selanjutnya dihaluskan menjadi serbuk dan dipanaskan untuk proses kalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam. Hasil kalsinasi yaitu produk CaO dikarakterisasi menggunakan spektrometer FTIR.

Pengaplikasian Biokoagulan

Pengujian pH, COD, TSS dan turbiditas pada sampel air limbah domestik sebagai data awal. Penambahan CaO masing-masing 0g, 0,25g, 0,30g, 0,35g, 0,4g, 0,45g dan 0,5g dicampurkan kedalam 500 ml air limbah domestik dan ditunggu selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan uji pH, COD, TSS dan turbiditas.

Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan terhadap parameter pH (SNI 06-6089.11, 2019), COD (SNI 6989.27, 2019), Pengujian TSS (SNI 06-6989.3, 2004), dan turbiditas (SNI 06-6989.25, 2005).

Analisis Data

Nilai pH, COD, TSS dan Turbiditas sampel awal dibandingkan dengan nilai pH, COD, TSS dan Turbiditas sampel akhir setelah proses koagulasi-flokulasi sehingga diperoleh nilai efektivitas biokoagulan dengan massa terbaik/optimum dan dibandingkan dengan parameter pada Permen LHK Nomor P.68/menlhk-setjen/2016 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

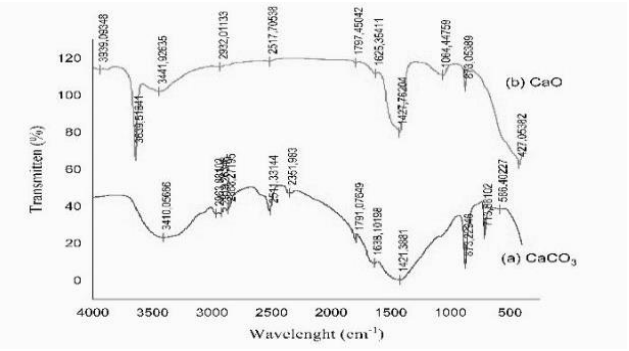
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, data yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Air Limbah Domestik

Variasi Massa Biokoagulan (gram)	pH	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Turbiditas (FTU)
Sampel Awal	7	392	210	257
0	7	368	200	203
0,25	9	296	130	136
0,30	9	248	100	121
0,35	9	216	105	90
0,40	9	168	65	82
0,45	9	96	25	59
0,50	9	128	40	65
Baku Mutu	**6-9**	**100**	**30**	**-**

Dalam penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya terkait penggunaan cangkang telur sebagai biokoagulan tanpa proses kalsinasi (Cahyadinata, 2023). Pada penelitian ini cangkang telur yang telah dipreparasi kemudian dikalsinasi pada suhu 500℃ dan 900℃ yang bertujuan untuk mengurai senyawa $CaCO_3$ menjadi CaO. Untuk mengetahui karakteristik dari biokoagulan, dilakukan analisis FTIR guna mengidentifikasi gugus fungsi cangkang telur tersebut. Hasil spektra FTIR ditampilkan pada Gambar 1.



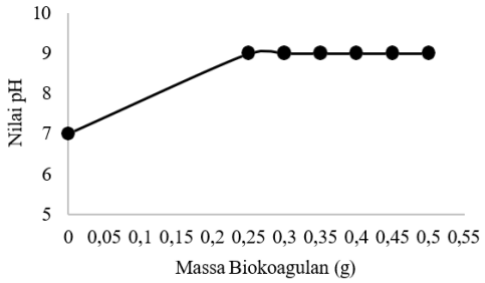
Gambar 1. Spektra FTIR sampel (a) $CaCO_3$ dan (b) CaO

Setelah proses kalsinasi (suhu 900°C) spektrum mengalami perubahan, ditandai dengan sebagian puncak-puncak karbonat sudah tidak muncul misalnya pada puncak 713 cm^{-1}. Sebagai gantinya muncul puncak baru didaerah sekitar 427 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Ca-O yang merupakan ciri khas dari CaO (kalsium oksida). Puncak-puncak karbonat di spektra FTIR menghilang dan digantikan oleh puncak khas dari kalsium oksida.

Tahapan selanjutnya adalah pengaplikasian biokoagulan cangkang telur hasil kalsinasi pada sampel air limbah domestik dengan melakukan variasi terhadap massa biokoagulan. Pada proses koagulasi, dilakukan pengadukan cepat selama 2 menit dengan kecepatan 150 rpm, lalu pada proses flokulasi pengadukan lambat selama 30 menit pada 30 rpm. Setelah itu, air limbah domestik melewati tahap pengendapan selama 24 jam.

Parameter pH

Nilai pH awal air limbah domestik sudah memenuhi baku mutu yaitu 7 (netral). Setelah pengujian dengan proses koagulasi-flokulasi mengguakan metode jar test dan ditambahkan biokoagulan cangkang telur ayam. Nilai pH hasil proses, ditampilkan pada Gambar 2.

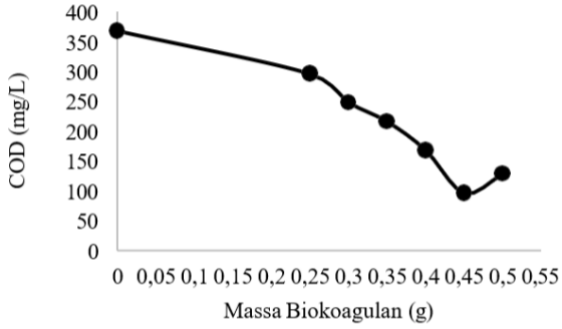


Gambar 2. Grafik Pengaruh Massa Biokoagulan Terhadap pH

Penambahan massa biokoagulan cangkang telur menyebabkan nilai pH mengalami kenaikan menjadi 9. Hal ini disebabkan oleh senyawa CaO yang bersifat basa kuat dan sangat reaktif terhadap air. Ketika ditambahkan ke dalam limbah cair, CaO akan langsung bereaksi dengan air yang membentuk senyawa kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). Reaksi ini bersifat eksotermis (melepas panas) dan menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dalam jumlah yang signifikan. Adanya biokoagulan dapat mempengaruhi nilai pH, tetapi jumlah massa biokoagulan tidak signifikan mempengaruhi nilai pH serta masih dalam rentang baku mutu yang dtetapkan. Penelitian Triwardhani et al., (2024) menjelaskan bahwa CaO yang dihasilkan dari kalsinasi efektif menaikkan pH limbah, hal ini terjadi karena reaksi kuat CaO dengan air menghasilkan banyak ion OH^-.

Parameter COD

Parameter COD adalah indikator yang menyatakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik secara biokimiawi. Nilai awal COD air limbah domestik sebelum perlakuan yaitu 392 mg/L yang dimana telah melebihi nilai ambang batas baku mutu. Pengaruh variasi biokoagulan terhadap nilai COD ditampilkan pada Gambar 3.

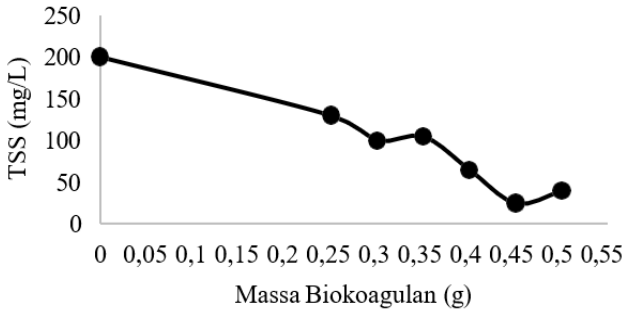


Gambar 3. Grafik Pengaruh Massa Biokoagulan Terhadap COD

Massa biokoagulan 0,45 g merupakan massa optimum untuk penurunan COD. Efektivitas penurunan kadar COD menjadi 96 mg/L dari kadar nilai COD awal yaitu 392 mg/L. Pada saat penambahan dosis biokoagulan melebihi 0,45 g, efisiensi penurunan COD menunjukkan tren penurunan. Fenomena ini mengindikasikan terjadinya kelebihan muatan positif dalam sistem (restabilisasi), yang justru menghambat proses pengikatan koloid organik. Akibatnya, netralisasi muatan menjadi tidak optimal dan menghalangi pembentukan flok yang berfungsi untuk mengaglomerasi polutan organik tersebut. Bhernama et al., (2022) yang mengungkapkan bahwa efektivitas penurunan COD dapat terganggu jika jumlah muatan positif dalam koagulan terlalu tinggi, hal tersebut menyebabkan ikatan terhadap koloid organik menjadi kurang optimal.

Parameter TSS

Parameter TSS adalah partikel-partikel terlarut dalam air dan dapat disaring menggunakan saringan milioporous dengan ukuran pori 0,45 μm serta partikel yang lebih besar dari 1 mikrometer. Hasil pengujian TSS awal air limbah domestik adalah 210 mg/L atau melebihi baku mutu. Setelah perlakuan jar test terjadi penurunan nilai TSS yang ditampilkan pada Gambar 4.

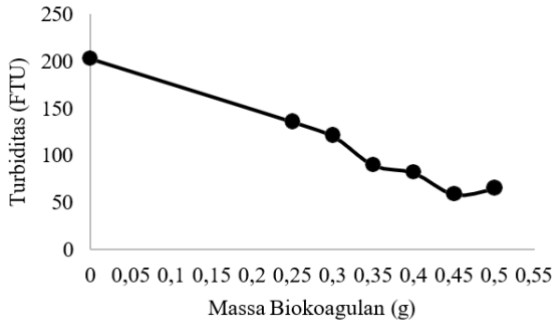


Gambar 4. Grafik Pengaruh Massa Biokoagulan terhadap TSS

Massa optimum untuk penurunan TSS dengan biokoagulan sebesar 0,45 g adalah 25 mg/L. Dosis biokoagulan berlebih dapat menimbulkan kejenuhan pada matriks limbah cair domestik, ketika seluruh flok telah menjadi endapan, sisa biokoagulan yang tidak bereaksi akan tetap melayang di dalam air dan menyebabkan biokoagulan tersebut menjadi pengotor atau menjadi polutan (Coniwanti et al., 2013).

Parameter Turbiditas

Turbiditas atau tingkat kekeruhan air merujuk pada keberadaan partikel terlarut yang mempengaruhi warna air. Nilai turbiditas awal pada sampel air limbah domestik yaitu sebesar 136 FTU. Hasil pengujian parameter turbiditas ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Massa Biokoagulan terhadap Turbiditas

Massa optimum biokoagulan dalam menurunkan nilai turbiditas adalah 0,45 g, menurunnya nilai turbiditas ini menunjukkan bahwa biokoagulan memiliki efektivitas tinggi dalam proses pengikatan dan pengendapan partikel tersuspensi yang berkontribusi terhadap tingkat kekeruhan. Terbentuknya flok dan endapan pada proses koagulasi diawali adanya muatan positif dari material cangkang telur yang kemudian berinteraksi secara intensif dengan partikel koloid yang memiliki muatan berlawanan dan mengganggu stabilitas koloid.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian tentang pemanfaatan hasil kalsinasi cangkang telur sebagai biokoagulan dalam pengolahan air limbah domestik dengan memvariasikan massa biokoagulan dapat disimpulkan bahwa, hasil optimum massa biokoagulan sebesar 0,45 gr dengan hasil akhir nilai pH sebesar 9, nilai parameter COD sebesar 96 mg/L (75,51%), nilai parameter TSS sebesar 25 mg/L (88%) dan nilai parameter turbiditas sebesar 59 FTU (77,04%).

DAFTAR PUSTAKA

Bhernama, B. G., Erawati, & Yahya, H. (2022). Pengolahan limbah cair domestik (*grey water*) menggunakan cangkang tiram (*Saccostrea echinata*) sebagai biokoagulan. *AMINA*, 4(1), 30–36.

Cahyadinata, B. A. (2023). pemanfaatan cangkang telur ayam ras sebagai biokoagulan dalam pengolahan air limbah domestik (grey water) Gampong Punge Blang Cut Kota Banda Aceh. (Tugas Akhir, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry). UIN Ar-Raniry Repository.

Coniwanti, P., & Eprianie, D. (2013). Pengaruh beberapa jenis koagulan terhadap pengolahan limbah cair industri tahu dalam tinjauannya terhadap turbidity, TSS dan COD. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(3), 22–30.

Evi, J. Tiandho, Y. (2020). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah Sebagai Bio-Koagulan untuk Penjernihan Air Tanah Terpolusi (Studi Kasus : Selindung). Prosiding Seminar Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat, 92–94.

King'ori, A. M. (2011). A Review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. *International Journal of Poultry Science*, 10(11), 908–912.

Marwanto, A., & Mulyanti, S. (2022). Pengaruh variasi biokoagulan cangkang telur ayam terhadap penurunan parameter Fe air sumur gali. *Journal of Nursing and Public Health*, 10(2), 178–183.

Rahman, I. (2022). Pemanfaatan Biji Alpukat (Persea Americana Mill) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (Grey Water) Di Gampong Ateuk Pahlawan Kota. 1–23.

SNI 06-6989.11. (2019). Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 06-6989.25. (2005). Air dan air limbah – Bagian 25: Cara uji kekeruhan dengan nefelometer. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 6989.27. (2019). Air dan air limbah - Bagian 27: Cara uji padatan terlarut total (Total Dissolved Solids, TDS) secara gravimetri. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 06-6989.3. (2004). Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri. Badan Standardisasi Nasional.

Triwardhani, A. B. Dwityaningsih, R. (2024). Utilizing Blood Clam and Green Mussel Shell-Derived CaO Biocoagulants for Acid Correction Testing in GCV Analysis. 8(1), 99–105.