

Pengaruh Dosis, pH, dan Waktu Pengendapan dalam Penyisihan TSS dan COD pada Air Limbah Kantin Menggunakan Biokoagulan Kulit Jeruk

Marsanda Amelia Putri, Munawar Ali, Praditya Sigit Ardisty Sitogasa*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: praditya.s.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 26 Mei 2025

Disetujui: 2 Juni 2025

Abstract

Canteen wastewater is a type of domestic effluent generated from cooking and dishwashing activities, typically containing high levels of organic matter such as fats, oils, food residues, and key pollutants like Total Suspended Solids (TSS) also Chemical Oxygen Demand (COD). This study evaluates the effectiveness of sweet orange peel (*Citrus sinensis*)-based bio-coagulant in removing TSS also COD from canteen wastewater. Orange peel was selected due to its bioactive compounds like pectin, flavonoids, also organic acids, that contain hydroxyl and carboxyl functional groups vital for coagulation-flocculation processes. Treatment was conducted using the jar test method with variations in pH, dosage, and settling time. The results showed that the optimum condition was achieved at pH 3, a dosage of 2 g/L, also a settling time of 45 minutes, resulting in TSS removal efficiency of 30.48% and COD removal of 29.29%. These findings confirm the potential of orange peel as an eco-friendly natural coagulant for canteen wastewater treatment.

Keywords: *sweet orange peel, optimization, cafeteria wastewater, TSS, COD*

Abstrak

Air limbah kantin merupakan limbah domestik yang dihasilkan dari aktivitas memasak dan mencuci peralatan makan, yang mengandung bahan organik tinggi seperti lemak, minyak, sisa makanan, serta parameter pencemar utama seperti *Total Suspended Solids* (TSS) serta *Chemical Oxygen Demand* (COD). Riset ini mengevaluasi efektivitas biokoagulan dari kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dalam penyisihan TSS dan COD dari air limbah kantin. Kulit jeruk dipilih sebab mengandung senyawa aktif seperti pektin, flavonoid, serta asam organik yang mempunyai gugus fungsi hidroksil dan karboksil berperan penting dalam prosedur koagulasi-flokulasi. Proses pengolahan dilaksanakan memakai metode jar test dengan variasi pH, dosis, dan waktu pengendapan. Hasil penelitian memperlihatkan keadaan optimum dicapai pada pH 3, dosis 2 g/L, dan waktu pengendapan 45 menit, dengan efisiensi penyisihan TSS sebesar 30,48% dan COD sebesar 29,29%. Temuan ini membuktikan bahwa kulit jeruk memiliki potensi sebagai koagulan alami ramah lingkungan dalam pengolahan air limbah kantin.

Kata Kunci: *kulit jeruk, optimasi, air limbah kantin, TSS, COD*

1. Pendahuluan

Limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas kantin berpotensi besar mencemari lingkungan, terutama disebabkan oleh tingginya kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) serta *Chemical Oxygen Demand* (COD) [1]. Kandungan TSS yang tinggi dapat meningkatkan kekeruhan air, sampai memperlambat penetrasi sinar matahari ke dalam perairan serta mengganggu prosedur fotosintesis organisme air. Sementara itu, nilai COD yang tinggi mencerminkan keberadaan senyawa organik dalam jumlah besar, yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan akhirnya mengganggu stabilitas ekosistem perairan [2]. COD dalam air limbah sendiri terdiri dari dua fraksi utama, yaitu COD partikulat dan COD terlarut [10]. COD partikulat berasal dari partikel organik tersuspensi yang juga merupakan bagian dari TSS, sementara COD terlarut mencakup senyawa organik yang larut dalam air, dengan sekitar 35% dari total COD terdiri dari COD partikulat [20].

Sebagai upaya penanganan, metode koagulasi-flokulasi umum digunakan karena dinilai efektif dalam menurunkan konsentrasi TSS dan COD. Akan tetapi, penggunaan koagulan kimia konvensional seperti alum dan feri klorida sering kali menghasilkan lumpur dalam jumlah besar dan meninggalkan residu kimia yang dapat memperparah pencemaran lingkungan [3]. Kondisi ini mendorong pencarian alternatif

yang lebih ramah lingkungan, salah satunya memakai koagulan alami atau *green coagulant* yang berasal dari sumber hayati seperti tanaman dan buah-buahan [4].

Pektin menjadi salah satu senyawa aktif utama dalam koagulan alami tersebut. Polisakarida kompleks ini banyak ditemukan dalam limbah buah seperti kulit pisang (*Musa sp.*), kulit jeruk (*Citrus sinensis*), kulit lemon (*Citrus limon*), dan kulit mangga (*Mangifera indica*) [5]. Di antara berbagai sumber tersebut, kulit jeruk menonjol sebagai limbah organik yang melimpah dan mengandung beragam senyawa bioaktif, termasuk limonen, pektin, flavonoid, serta asam askorbat, yang berpotensi besar dalam meningkatkan efektivitas koagulasi air limbah [4].

Berlandaskan latar belakang diatas, riset ini bertujuan mengeksplorasi serta mengkarakterisasi komponen aktif dalam kulit jeruk yang berkontribusi terhadap aktivitas koagulasi. Studi ini dilakukan dengan mengukur kandungan protein, polisakarida, dan flavonoid dalam ekstrak kulit jeruk. Selain itu, untuk memahami karakteristik kimianya secara lebih detail, analisis tambahan dilakukan memakai *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) teruntuk mengidentifikasi gugus kegunaan utama, serta uji ukuran flok menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) guna mengevaluasi efektivitas proses flokulasi yang dihasilkan.

2. Metode Penelitian

2.1 Pembuatan Biokoagulan Kulit Jeruk

Pertama, kulit jeruk dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, selanjutnya penjemuran dalam dua hari di bawah sinar matahari. Setelah itu, kulit jeruk dikeringkan lebih lanjut menggunakan oven dengan suhu 105 °C dalam dua jam. Setelah mengering kemudian menghaluskan memakai blender serta penyaringan dengan ayakan berukuran 100 mesh untuk memperoleh partikel yang seragam [6]. Sebelum dilakukan uji jar test, biokoagulan dilarutkan dalam 1 liter akuades dengan menambahkan 100 gr serbuk kulit jeruk. Untuk pengujian, digunakan volume biokoagulan cair sebanyak 10 mL untuk dosis 1 gram, 20 mL untuk dosis 2 gram, dan 30 mL untuk dosis 3 gram [19].



Gambar 1. Serbuk Biokoagulan Kulit Jeruk

2.2 Proses Pengolahan Air Dengan Biokoagulan Kulit Jeruk (uji jartest)

Dalam penelitian ini, biokoagulan berbahan dasar kulit jeruk digunakan untuk mengoptimalkan proses koagulasi-flokulasi dalam penyisihan *Total Suspended Solids* (TSS) serta *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah kantin di UPN "Veteran" Jawa Timur. Uji jartest dilakukan di Laboratorium Air Teknik Lingkungan UPNVJT guna mengevaluasi efektivitas biokoagulan dalam meningkatkan kualitas air limbah. Sampel air limbah kantin yang digunakan ada pada 6 titik pengambilan (dari total 20 titik pipa outlet) yang dikumpulkan pada bak penampung. Sebelum pengujian, dilakukan tahap praperlakuan menggunakan *grease trap* untuk menyisahkan minyak dan lemak yang dapat menghambat proses koagulasi-flokulasi, sehingga proses pemisahan partikel tersuspensi dapat berlangsung lebih optimal. *Grease trap* dapat menyisahkan minyak dan lemak sekitar 50-80% [21].

Seluruh pengujian dilakukan pada suhu ruangan pada 25°C untuk memastikan keseragaman kondisi eksperimen. Uji awal sampel air limbah mencakup pengukuran parameter pH, TSS, dan COD sebagai acuan sebelum perlakuan koagulasi-flokulasi dilakukan. Volume sampel yang digunakan dalam setiap pengujian adalah 1 liter, yang diambil secara representatif untuk memastikan hasil yang dapat menggambarkan kondisi air limbah secara keseluruhan.

Dalam penelitian ini, variasi pH yang digunakan mencakup pH 3, 5, serta 7. Penyesuaian pH dilaksanakan melalui penambahan HCl 0,1 M teruntuk menurunkan pH serta NaOH 0,1 M untuk menaikannya, guna mengevaluasi pengaruh tingkat keasaman terhadap efisiensi koagulasi-flokulasi. Dosis biokoagulan kulit jeruk yang digunakan bervariasi, yakni 1 g/L, 2 g/L, serta 3 g/L, untuk menentukan dosis optimal dalam penyisihan TSS dan COD. Prosedur koagulasi-flokulasi dilaksanakan melalui metode pengadukan bertahap. Pengadukan cepat dilaksanakan dalam kecepatan 200 rpm selama 1 menit untuk

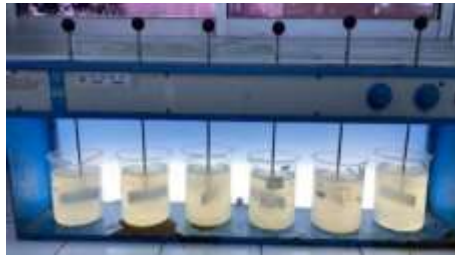
mendistribusikan biokoagulan secara merata dalam larutan, sehingga dapat membentuk mikrofluk. Setelah itu, proses dilanjutkan oleh pengadukan lambat berkecepatan 80 rpm dalam 12 menit [3]. Pengadukan lambat bertujuan untuk memperbesar ukuran flok agar lebih mudah mengendap. Setelah pengadukan selesai, flok yang terbentuk dibiarkan mengendap dalam rentang waktu yang beragam, yakni 30 menit, 45 menit, serta 60 menit. Rumus perhitungan % Removal TSS dan COD dapat dilihat pada persamaan 2:

$$\% \text{ removal} = \frac{(a_1 - a_2)}{a_1} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan :

A1 = hasil inlet

A2 = hasil outlet



Gambar 2. Proses Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Jar-Test

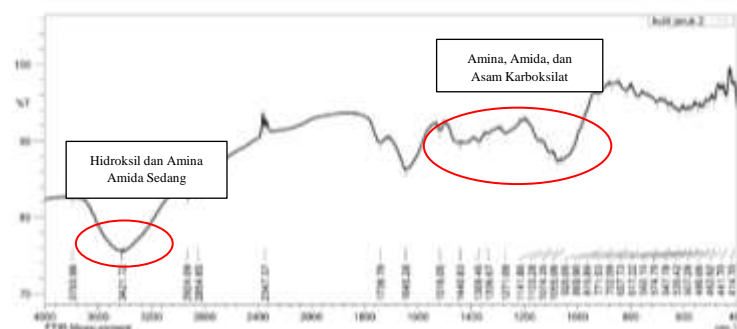
2.4 Metode Analisis

Mengukur pH dilaksanakan memakai pH meter digital, yang dikalibrasi dengan aquadest sebelum digunakan. Suhu diukur secara in situ menggunakan termometer laboratorium standar. Analisis *Total Suspended Solids* (TSS) merujuk terhadap SNI 06-6989.3-2004 [22] dengan metode gravimetri. Menyaring sampel memakai kertas saring, pengeringan dengan suhu 105°C dalam 1 jam, selanjutnya penimbangan untuk menghitung kadar TSS dalam mg/L. Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) mengikuti SNI 6989.2:2019 dengan metode refluks tertutup. Sampel direaksikan dengan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dalam medium asam sulfat (H_2SO_4), kemudian dipanaskan dalam digester COD pada 150°C selama 2 jam. Konsentrasi COD diukur dengan hasil titrasi menggunakan larutan FAS blanko dan hasil titrasi sampel air limbah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Biokoagulan Kulit Jeruk

Biokoagulan kulit jeruk yang telah diekstraksi dengan asam pekat dan sudah dijadikan bubuk akan diuji dengan uji FTIR yang merupakan sebuah metode analisis untuk memberikan informasi gugus fungsi yang berperan dalam proses koagulasi-flokulasi. Berikut adalah hasil uji FTIR dari kulit jeruk manis:



Gambar 3. Hasil FTIR Kulit Jeruk Manis

Pektin dengan kualitas tinggi umumnya mengandung gugus fungsi hidroksil (O-H) dan karbonil (C=O) [12]. Berdasarkan hasil analisis spektrum, kulit jeruk manis menunjukkan keberadaan beberapa gugus fungsi utama, yaitu hidroksil (OH) pada panjang gelombang 3421,72 cm^{-1} , amina-amida (N-H) pada 1271,09 cm^{-1} dan 1336,67 cm^{-1} , serta asam karboksilat (C=O) pada 1645,28 cm^{-1} dan 1739,79 cm^{-1} . Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak kulit jeruk manis mengandung pektin berkualitas tinggi yang berperan

dalam proses koagulasi-flokulasi. Gugus fungsi tersebut berperan menjadi donor elektron, yang mendukung pembuatan endapan atau flok dalam proses koagulasi-flokulasi [7].

3.2 Karakteristik Air Limbah Kantin

Berikut merupakan hasil uji awal karakteristik air limbah kantin UPN “Veteran” Jawa Timur.

Tabel 3. Hasil Uji Awal Karakteristik Air Limbah Kantin

Hasil Sebelum <i>Pre-Treatment</i>		
Parameter	Hasil	Baku Mutu
pH	7,4	6-8
Suhu	28,27°C	-
TSS	140 mg/L	50 mg/L
COD	196 mg/L	50 mg/L
Minyak & Lemak	18 mg/L	10 mg/L

Tabel 4. Hasil Uji Awal Karakteristik Awal Limbah Sesudah *Pre-Treatment*

Hasil Uji <i>Pre-Treatment</i>						
Reaktor	Uji TSS	Uji COD	Uji Minyak & Lemak	Uji pH	Uji Suhu	Running 1
bak penampung 1	138,41	194,50	16	7,4	28,27°	
bak penampung 2	135,43	191,43	2,2	7,4	28,27°	
Reaktor	Uji TSS	Uji COD	Uji Minyak & Lemak	Uji pH	Uji Suhu	Running 2
bak penampung 1	138,33	194,30	16	7,4	28,23°	
bak penampung 2	135,12	190,30	2,2	7,4	28,23°	

3.3 Penyisihan TSS dan COD Pada Air Limbah Kantin

Untuk menggambarkan efektivitas proses pengolahan, berikut disajikan hasil penyisihan *Total Suspended Solids* (TSS) serta *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah kantin di UPN 'Veteran' Jawa Timur.

Tabel 5. Hasil Penyisihan TSS dan COD Menggunakan Kulit Jeruk

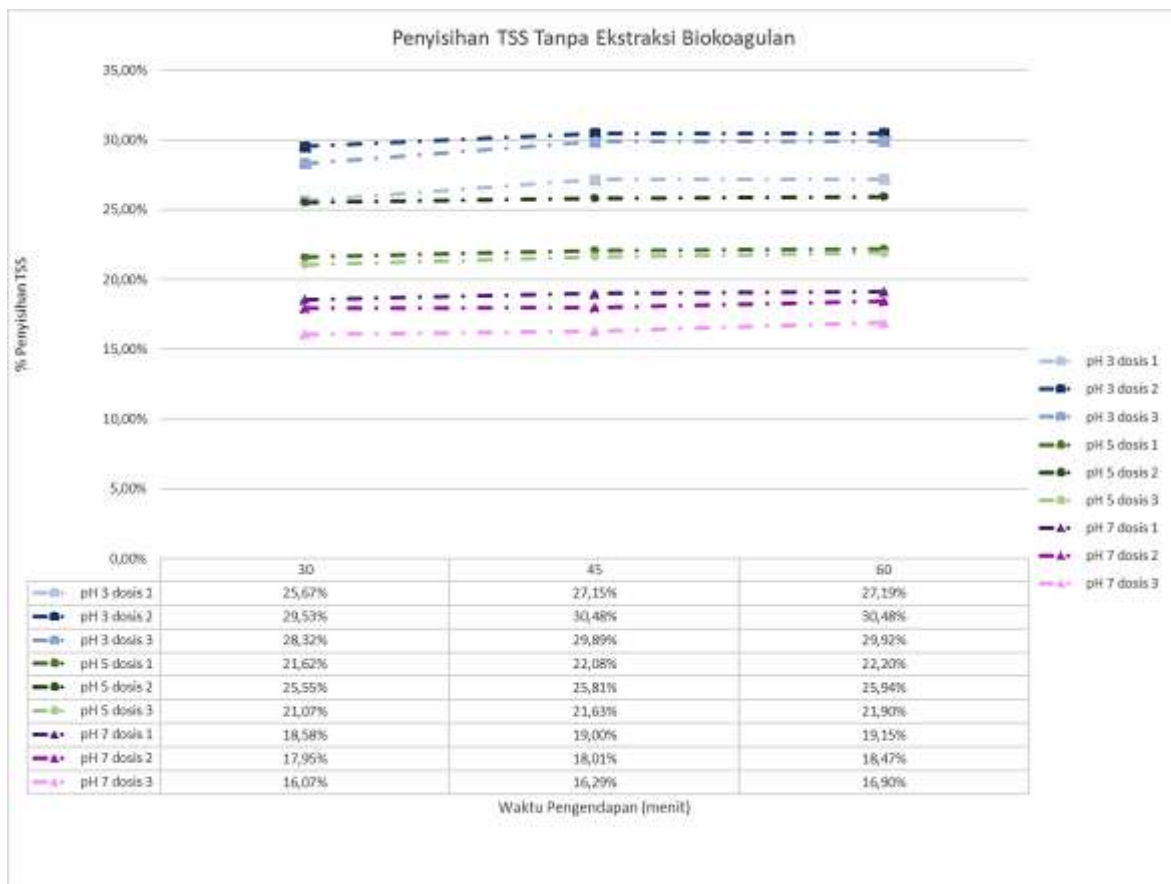
Variabel			Parameter yang Dianalisa				Nomor Running	% Removal TSS	% Removal COD	
Dosis (gr/L)	Waktu Pengendapan (menit)	pH	Uji Awal TSS (Sebelum Jartest)	Uji Awal COD (Sebelum Jartest)	Hasil Akhir TSS	Hasil Akhir COD				
1	30	3	135,43	191,43	100,67	152,31	1	25,67%	20,44%	
1	45				98,66	148,21		27,15%	22,58%	
1	60				98,60	148,10		27,19%	22,63%	
2	30				95,44	139,21		29,53%	27,28%	
2	45				94,15	135,36		30,48%	29,29%	
2	60				94,15	135,36		30,48%	29,29%	
3	30		5	133,51	190,76	95,70	146,69	2	28,32%	23,10%
3	45					93,60	144,03		29,89%	24,50%
3	60					93,57	144,03		29,92%	24,50%
1	30	104,65				159,91	21,62%		16,17%	
1	45	104,03				157,81	22,08%		17,27%	
1	60	103,87				157,32	22,20%		17,53%	
2	30	5	131,17	188,77	97,66	149,12	3	25,55%	21,00%	
2	45				97,31	143,22		25,81%	24,13%	
2	60				97,15	143,22		25,94%	24,13%	
3	30				103,53	154,44		21,07%	18,19%	

Variabel			Parameter yang Dianalisa				Nomor Running	% Removal TSS	% Removal COD
Dosis (gr/L)	Waktu Pengendapan (menit)	pH	Uji Awal TSS (Sebelum Jarrest)	Uji Awal COD (Sebelum Jarrest)	Hasil Akhir TSS	Hasil Akhir COD			
3	45	7	135,12	190,32	102,80	151,81	4	21,63%	19,58%
3	60				102,45	150,97		21,90%	20,02%
1	30				110,02	165,73		18,58%	12,92%
1	45				109,45	165,24		19,00%	13,18%
1	60				109,25	165,24		19,15%	13,18%
2	30				110,87	167,81		17,95%	11,83%
2	45	110,78	165,24	18,01%	13,18%				
2	60	110,17	165,24	18,47%	13,18%				
3	30	7	134,10	190,18	112,55	169,55	5	16,07%	10,85%
3	45				112,25	168,55		16,29%	11,37%
3	60				111,44	168,55		16,90%	11,37%

Sumber : Hasil Analisis, 2025

3.3.1 Pengaruh Dosis, pH, dan Waktu Pengendapan Terhadap Penyisihan TSS dan COD

Optimasi proses penyisihan TSS dan COD bergantung pada pengaturan dosis koagulan, kondisi pH, serta waktu pengendapan. Karenanya, pada bagian ini dilaksanakan analisis komprehensif kepada pengaruh ketiga parameter tersebut untuk menentukan kombinasi terbaik dalam proses koagulasi-flokulasi air limbah kantin. Berikut adalah hasil penyisihan TSS dan COD:

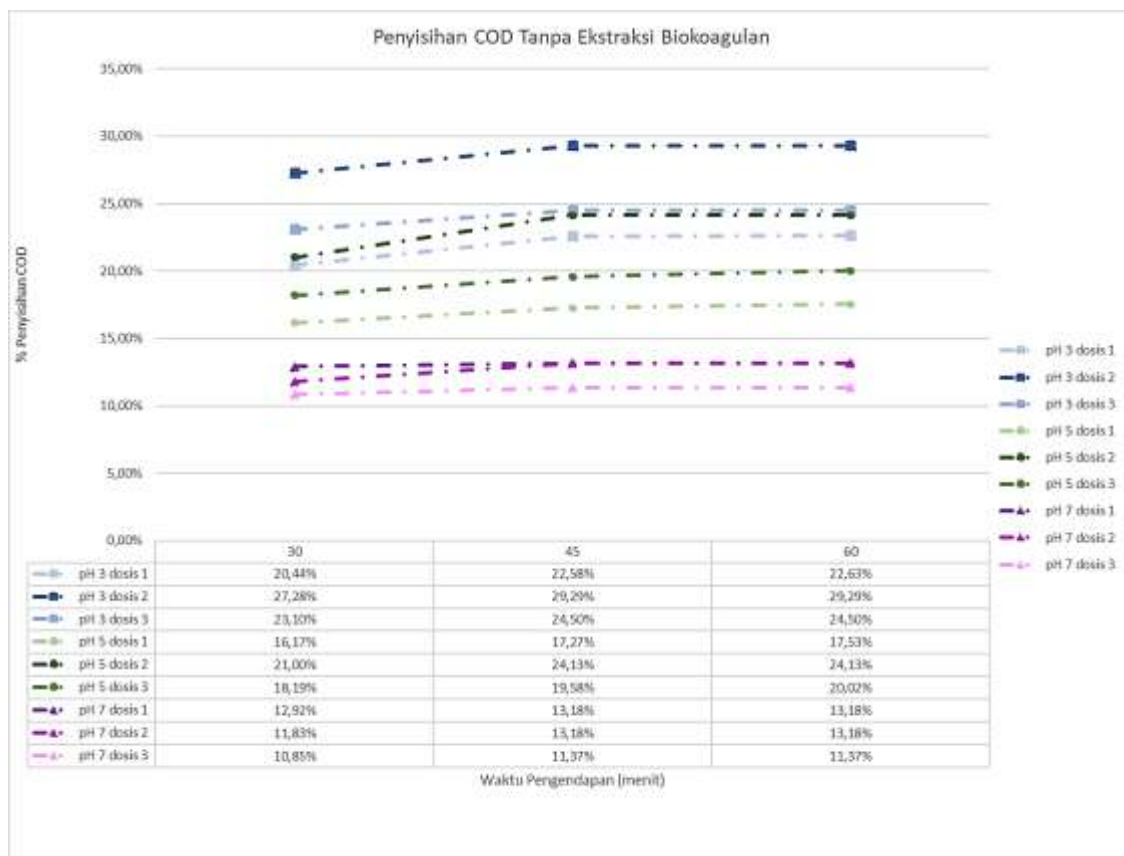


Gambar 3. Grafik Penyisihan TSS
Sumber : Hasil Analisis, 2025

Pada pH 3 dengan dosis 1 g/L, efisiensi penyisihan TSS meningkat dari 25,67% pada menit ke-30 menjadi 27,19% pada menit ke-60. Efisiensi ini meningkat lebih signifikan pada dosis 2 g/L, yaitu dari

29,53% (30 menit) menjadi 30,48% (60 menit). Namun, pada dosis 3 g/L, efisiensi penyisihan menurun menjadi 28,32%, menandakan adanya kemungkinan overdosis. Pada pH 7, peningkatan dosis justru menyebabkan penurunan efisiensi penyisihan TSS. Hal ini menunjukkan bahwa penyisihan TSS paling optimal terjadi pada kondisi asam kuat, yaitu pH 3 dengan dosis 2 g/L. Dari segi waktu pengendapan, peningkatan efisiensi terbesar terjadi antara menit ke-30 dan 45, sedangkan antara menit ke-45 dan 60 peningkatannya tidak terlalu signifikan. Oleh karena itu, waktu pengendapan optimum dapat dikatakan berada pada 45 menit. Penurunan efisiensi penyisihan TSS akibat penambahan dosis dapat disebabkan oleh fenomena overdosis koagulan, di mana kelebihan muatan positif dari koagulan menyebabkan restabilisasi partikel. Senyawa aktif dalam biokoagulan kulit jeruk, seperti gugus hidroksil dan amina amida, bekerja lebih efektif pada kondisi asam.

Pada pH rendah, senyawa-senyawa ini mengalami protonasi, berubah menjadi bermuatan positif sehingga mampu menetralkan partikel limbah yang bermuatan negatif. Sebaliknya, pada pH 7, senyawa aktif mengalami deprotonasi dan cenderung bermuatan negatif. Akibatnya, penambahan dosis justru meningkatkan jumlah muatan negatif, sehingga menurunkan efisiensi penyisihan. Hal ini beriringan dengan riset oleh Das et al. [22], yang mengemukakan polisakarida dan pektin dalam biokoagulan bekerja optimal di pH asam, namun efektivitasnya sangat bergantung pada dosis yang digunakan.



Gambar 4. Grafik Penyisihan COD

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Gambar 4 menggambarkan pengaruh kombinasi variabel waktu pengendapan, pH, dan dosis biokoagulan terhadap efisiensi penyisihan COD. Secara umum, terlihat bahwa semakin lama waktu pengendapan, efisiensi penyisihan COD cenderung meningkat pada berbagai tingkat pH dan dosis yang digunakan, tetapi pada waktu pengendapan 45 menit ke 60 menit persen penyisihan COD tidak berubah secara signifikan dimana artinya hanya berubah namun tidak setinggi pada menit 30 ke 45. Itu artinya waktu pengendapan yang paling optimum dapat dikatakan pada waktu pengendapan 45 menit. Untuk pengaruh pH, pada pH 3 yang bersifat asam, efisiensi penyisihan COD menunjukkan hasil paling optimum. Dengan dosis 1 gr/L, efisiensi meningkat dari 20,44% pada menit ke-30 menjadi 22,63% pada menit ke-60. Efek ini lebih nyata pada dosis 2 gr/L, di mana efisiensi naik dari 27,28% pada menit ke-30 menjadi 29,29% pada menit ke-60. Perihal ini memperlihatkan kondisi asam sangat mendukung kinerja biokoagulan dalam menurunkan kadar COD. Pada pH 5 penyisihan COD juga mengalami hal yang sama pada pH 3 dimana dosis optimumnya berada pada dosis 2 gr/L.

Pada pH 7 (netral), efisiensi penyisihan COD cenderung bertambah seiring lamanya waktu pengendapan, tetapi peningkatan dosis justru berdampak negatif terhadap efisiensi. Peningkatan dosis yang berlebihan dapat menyebabkan pembalikan muatan partikel, re-stabilisasi produk hidrolisis, serta peningkatan kekeruhan residu, sehingga membentuk flok berukuran kecil dengan kerapatan rendah yang menurunkan efisiensi penyisihan [8]. COD sendiri merepresentasikan konsentrasi bahan organik dalam air yang mengkonsumsi oksigen selama proses oksidasi. Semakin lama waktu pengendapan, semakin banyak bahan organik yang berikatan dengan flok dan mengendap, sehingga penurunan COD menjadi lebih signifikan, tetapi pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa kondisi optimum waktu pengendapan ada pada waktu 45 menit, karena pada waktu meningkat ke menit 60 peningkatan penyisihan COD tidak banyak bahkan ada yang tetap [9].

Dalam upaya menurunkan kandungan pencemar TSS serta COD pada air limbah kantin menggunakan biokoagulan kulit jeruk, ditemukan bahwa kondisi pH asam (pH 3) menghasilkan kinerja koagulasi yang lebih optimal. Secara teoritis, keberhasilan ini dapat dijelaskan melalui keberadaan gugus amina (-NH₂) dan hidroksil (-OH) pada pektin dalam kulit jeruk, yang dalam kondisi asam mengalami protonasi menjadi (-NH₃⁺) dan (-OH₂⁺). Gugus bermuatan positif ini berfungsi menetralkan muatan negatif partikel-partikel dalam air limbah, sehingga mempercepat proses agregasi dan membentuk flokulasi yang lebih stabil [10]. Terhadap temuan ini juga diperoleh dari studi [11], yang menunjukkan bahwa pektin memiliki kapasitas koagulasi-flokulasi yang lebih tinggi pada pH rendah karena struktur molekulnya menjadi lebih terbuka dan lebih mudah berinteraksi dengan partikel koloid bermuatan. Selain itu, tingginya konsentrasi ion H⁺ dalam kondisi asam mendorong pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik antar molekul pektin, sehingga memperkuat ikatan antar partikel dan mengurangi gaya tolak elektrostatik, menghasilkan flok yang lebih besar dan lebih stabil [12].

Sebaliknya, pada kondisi pH tinggi, penurunan konsentrasi ion H⁺ menyebabkan dominasi gugus hidroksil (OH⁻) dan karboksil (COO⁻) bermuatan negatif pada pektin, yang meningkatkan gaya tolak elektrostatik antar partikel. Hal ini membuat molekul pektin cenderung membentuk struktur loop dan ekor yang menghambat agregasi partikel, sehingga mengurangi efisiensi pembentukan flok. Fenomena ini juga sejalan dengan pendapat Masduqi [13] yang menyatakan bahwa partikel organik merupakan bagian dari partikel tersuspensi. Dengan demikian, tren grafik dalam Gambar 3 yang memperlihatkan korelasi antara dosis dan persentase penyisihan COD, memiliki pola yang serupa dengan grafik dalam Gambar 3 yang memperlihatkan korelasi antara dosis, pH, serta waktu pengendapan terhadap persentase penyisihan TSS. Kesamaan pola ini memperkuat dugaan bahwa penurunan nilai COD berkorelasi erat dengan penurunan TSS, di mana semakin efektif penyisihan TSS, maka semakin besar pula penurunan COD yang terjadi.

3.4 Optimasi Proses Penyisihan TSS dan COD

Kombinasi terbaik antara dosis, pH, dan waktu pengendapan dalam upaya penyisihan TSS serta COD pada air limbah kantin memakai biokoagulan dari kulit jeruk diperoleh pada dosis 2 g/L, pH 3, dan waktu pengendapan selama 45 menit. Hasil ini menunjukkan kinerja yang lebih optimal ketimbang riset yang dilaksanakan oleh Arninda yang menggunakan biokoagulan kulit jeruk sunkist pada air limbah tahu dengan dosis 2 g/L dan hanya mampu menurunkan TSS sebesar 29,26% [6]. Pada penelitian ini, dengan dosis 2 g/L, tingkat penyisihan TSS berhasil meningkat menjadi 30,48%. Dengan demikian, penggunaan dosis koagulan dan pH air limbah yang lebih tepat terbukti mampu meningkatkan efektivitas penyisihan TSS, sebagaimana dinyatakan oleh Widiyawati bahwa penentuan dosis yang optimal berperan penting dalam memaksimalkan efisiensi proses koagulasi [17].

Perbedaan hasil tersebut kemungkinan juga dipengaruhi oleh variasi pH yang digunakan. Menurut Muqim & Purnomo dalam penelitiannya menggunakan kitosan dari udang kaki putih untuk mengolah air limbah batik, yang mengandung gugus fungsi serupa dengan kulit jeruk, yakni hidroksil dan amina amida. Mereka menemukan bahwa efisiensi koagulasi lebih tinggi terjadi pada kondisi asam, khususnya pada pH 5 [18].

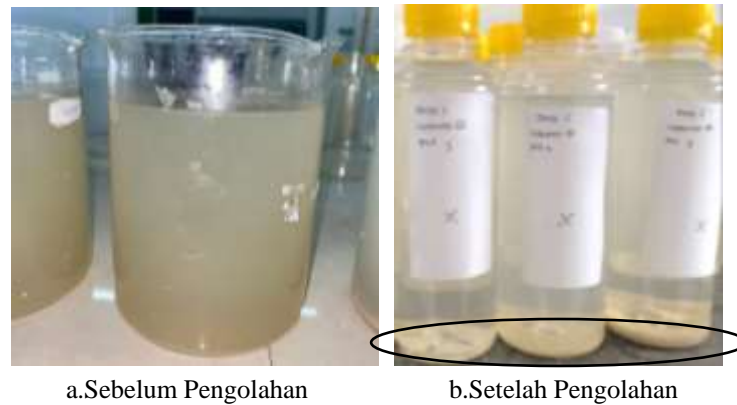
Selain itu, dalam penelitian Natsir kombinasi kulit jeruk dan biji kelor digunakan menjadi biokoagulan teruntuk menurunkan parameter COD pada air limbah domestik [3] hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan 1,5 gram biji kelor tanpa tambahan kulit jeruk menghasilkan efisiensi penyisihan COD tertinggi sebesar 77%. Namun, ketika dikombinasikan dengan kulit jeruk, efisiensi penyisihan COD menurun menjadi 71%. Bila dibandingkan dengan penelitian ini, tingkat penyisihan COD yang dicapai yaitu 29,29% masih tergolong lebih rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifat biji kelor yang lebih efektif sebagai koagulan dibandingkan kulit jeruk dalam proses penyisihan senyawa organik.

3.5 Hasil Analisis Uji PSA

Berikut adalah hasil analisis PSA pada flok yang terbentuk menggunakan biokoagulan dari kulit jeruk :

Tabel 6. Hasil Analisis PSA

Kulit Jeruk Tanpa Ekstraksi	
Hasil PSA Flok (nm)	<i>Polydispersity Index</i> (PI) (nm)
4.381,6	1,5813



Gambar. 5 : Hasil Flok

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan hasil analisis, satuan yang dipakai ialah nanometer (nm) karena partikel yang dianalisis berukuran teramat kecil dan terdispersi dalam larutan, sampai bisa dinyatakan oleh satuan tersebut saja. Distribusi ukuran partikel, yang diukur melalui nilai *Polydispersity Index* (PDI), merefleksikan tingkat homogenitas ukuran partikel dalam sampel. Analisis flok menggunakan biokoagulan berbahan dasar kulit jeruk menunjukkan nilai PDI yang cukup tinggi, yaitu 1,5813, menandakan bahwa distribusi ukuran partikel tidak seragam dan cenderung stabil. Kondisi ini menjadi faktor penting dalam proses pembentukan flok yang efektif selama koagulasi-flokulasi. Secara umum, bila nilai PDI kurang dari 1,0, partikel dikategorikan homogen, sedangkan nilai PDI di atas 1,0 menunjukkan ketidakhomogenan ukuran partikel [14].

Menurut Sun et al., partikel dengan ukuran homogen (PDI rendah) lebih mudah mengalami proses koagulasi dan cenderung membentuk flok yang stabil serta cepat mengendap [15]. Sebaliknya, menurut Renault et al., bahwa tingginya PDI dapat menghambat pembentukan flok yang konsisten, sehingga memperburuk proses sedimentasi [16]. Sementara itu, hasil pengukuran ukuran flok menunjukkan bahwa penggunaan biokoagulan dari kulit jeruk mampu menghasilkan flok berukuran besar. Flok berukuran besar lebih efektif dalam menangkap dan mengendapkan partikel terlarut maupun tersuspensi, karena luas permukaannya yang lebih besar memungkinkan pengikatan lebih banyak partikel.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan biokoagulan berbahan dasar kulit jeruk tanpa proses ekstraksi efektif dalam menurunkan kandungan TSS serta COD pada air limbah kantin. Kondisi pH asam (pH 3) terbukti memberikan efisiensi penyisihan terbaik, baik untuk parameter TSS maupun COD. Pada pH 3 dengan dosis 2 g/L dan waktu pengendapan 45 menit, diperoleh efisiensi penyisihan TSS sebesar 30,48% dan COD sebesar 29,29%.

Efektivitas penyisihan cenderung meningkat seiring dengan lamanya waktu pengendapan, namun peningkatan dosis koagulan tidak selalu meningkatkan efisiensi, terutama pada pH 5 dan 7 di mana dosis tinggi justru menurunkan efektivitas penyisihan. Analisis PSA menunjukkan bahwa flok yang terbentuk memiliki ukuran besar namun dengan indeks polidispersitas (PDI) yang tinggi, menandakan distribusi ukuran partikel yang tidak seragam namun tetap stabil dalam proses pengendapan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa biokoagulan dari kulit jeruk berpotensi sebagai alternatif ramah lingkungan untuk mengolah air limbah, khususnya dengan pengaturan pH dan dosis yang tepat untuk mengoptimalkan kinerja koagulasi-flokulasi.

5. Daftar Pustaka

- [1] D. A. Sari, U. S. Karawang, K. Jawa, and B. Indonesia, "Teknologi dan metode pengolahan limbah cair sebagai pencegahan pencemaran lingkungan," no. November, 2020, doi: 10.35261/barometer.v4i2.3809.
- [2] M. F. Natsir, "Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan," *J. Nas. Ilmu Kesehat.*, vol. 4, no. 1, pp. 10–19, 2021.
- [3] A. N. Febrianti, R. Ratnawati, and M. I. Ramadhan, "Biocoagulant Utilization from Java Tamarind Seed and Sweet Orange Peel for Turbidity, COD and BOD reduction in Domestic Wastewater," *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 8366–8372, 2024.
- [4] H. Kristianto, A. Jennifer, A. K. Sugih, and S. Prasetyo, "Potensi Polisakarida dari Limbah Buah-buahan sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Air dan Limbah Cair: Review," *J. Rekayasa Proses*, vol. 14, no. 2, p. 108, 2020, doi: 10.22146/jrekpros.57798.
- [5] C. A. Buckner et al., "We are IntechOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists TOP 1%," *Intech*, vol. 11, no. tourism, p. 13, 2016, [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>.
- [6] A. Arninda., Asdiana, A., & Sari, I., "Pengaruh Variasi Koagulan Kulit Jeruk Untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Air Tahu," vol. 3, pp. 92–96, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61844/jtkm.v3i2.958>.
- [7] H. Puspitasari, "Uji Pemanfaatan Tulang Hewan sebagai Koagulan Alami pada Pengolahan Air Sungai," Institute of Sepuluh November Surabaya, 2015.
- [8] S. Rattanapan, S. Nithitanakool, and P. Somboon, "Effect of over-dosage on particle charge reversal and sludge characteristics in water treatment," *Water Science and Technology*, vol. 64, no. 6, pp. 1189-1194, 2011, doi: 10.2166/wst.2011.775.
- [9] M. F. Daud, S. Ibrahim, and M. R. Sulaiman, "Influence of settling time on COD removal in water treatment processes," *Journal of Environmental Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 189-195, 2023, doi: 10.1016/j.jenveng.2023.03.008.
- [10] M. Eddy, M. Abu-Orf, G. Bowden, F. L. Burton, W. Pfrang, H. D. Stensel, G. Tchobanoglous, R. Tsuchihashi, and A. (Firm), *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, McGraw Hill Education, 2014.
- [11] M. R. Mafra, L. Igarashi-Mafra, L. H. Zuim Dall'Antonia, and M. A. Ferreira, "Comparative study of coagulant agents for the treatment of tannery effluent," *Chemical Engineering Journal*, vol. 158, no. 3, pp. 500–506, 2010, doi: 10.1016/j.cej.2010.01.020.
- [12] A. Tsoga, R. K. Richardson, and E. R. Morris, "Role of cosolutes in gelation of high methoxy pectin: part 1. Comparison of sugars and polyols," *J. Food Hydrocol.*, vol. 18, pp. 907-919, 2004.
- [13] A. Masduqi and A. F. Assomadi, *Operasi & Proses Pengolahan Air Edisi Kedua (2nd Ed.)*, ITS Press, 2016.
- [14] Malvern, *Zetasizer Nano User Manual*, Malvern Instruments Ltd., 2013.
- [15] Y. Sun, L. Zhang, and X. Liu, "Influence of particle size distribution on coagulation and flocculation in water treatment," *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 53, no. 12, pp. 674-680, 2019, doi: 10.1021/acs.est.9b01579.
- [16] F. Renault, A. Pauss, and Y. Perrodin, "Effect of particle size distribution on coagulation and flocculation efficiency in water treatment processes," *Water Research*, vol. 43, no. 1, pp. 107-114, 2009, doi: 10.1016/j.watres.2008.08.044.
- [17] C. Widiyawati, D. Y. P., and R. N. Hanifah, "Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal)," *Jurnal Tecnoscienza*, 2022, doi: 10.51158/tecnoscienza.v6i2.691.
- [18] R. B. Muqim and Y. S. Purnomo, "Koagulan Polielektrolit Alami dari Kulit Udang Kaki Putih untuk Menyisihkan Parameter Warna, TSS, dan COD dalam Limbah Cair Batik," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 7348–7355, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.6903.
- [19] M. Kebaili, S. Djellali, M. Radjai, N. Drouiche, and H. Lounici, "Valorization of orange industry residues to form a natural coagulant and adsorbent," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 64, pp. 292–299, 2018, doi: 10.1016/j.jiec.2018.03.027.
- [20] 1h2o3. (N.D.). Relation Between Bod And Cod. Retrieved February 12, 2025, From <https://www.1h2o3.com/en/learn/wastewater-parameters/wastewater-quality-criteria/relation-between-bod-and-cod/>

-
- [21] G. Tchobanoglous, F. L. Burton, and H. D. Stensel, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [22] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 06-6989.3-2004: Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji kadar padatan tersuspensi total (TSS) secara gravimetri*, Jakarta: BSN, 2004.
- [23] Das, N., N. Ojha, and S. K. Mandal, "Wastewater treatment using plant-derived bioflocculants: Green chemistry approach for safe environment," *Water Sci. Technol.*, vol. 83, no. 8, pp. 1797–1812, 2021, doi: 10.2166/wst.2021.100.