

Penurunan Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) Limbah Cair Industri Soun Menggunakan Proses Koagulasi-Flokulasi

Darda Ibrahim¹, Neni Damajanti²

^{1,2}Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

ARTICLE INFO

Article history:

DOI:

10.30595/psssh.v1i.xx

Submitted:

Mount xx, Years

Accepted:

Mount xx, Years

Published:

Mount xx, Years

Keywords:

limbah cair soun, COD, TSS, koagulasi-flokulasi, kitosan

ABSTRACT

Vermicelli industry is one of the food industries that produces wastewater containing high levels of organic matter and suspended solids, as indicated by elevated Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) values. These pollutants pose a risk to the environment if not properly treated. One of the methods that can be applied to reduce pollutant levels is the coagulation-flocculation process. This study aims to examine the effects of various coagulation-flocculation process variables on the reduction of COD and TSS in vermicelli industry wastewater and to determine the most influential factors affecting the removal efficiency of both parameters. The treatment process was carried out using the coagulation-flocculation method, with a full factorial design experiment involving four main independent variables at two levels (high and low): coagulant dose (100, 300 mg/L), rapid mixing speed (100, 300 rpm), flocculation speed (10, 30 rpm), and settling time (30, 50 minutes). The analysis results indicated that chitosan dose and settling time were the most influential variables in reducing COD levels, while settling time had the greatest impact on TSS reduction. These findings demonstrate that the effectiveness of the coagulation-flocculation process is highly dependent on proper adjustment of process parameters, making the selection of optimal operating conditions essential for efficient wastewater treatment in the vermicelli industry. Furthermore, this process highlights the potential of chitosan as an environmentally friendly coagulant for treating food industry wastewater.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Neni Damajanti,

Program Studi Teknik Kimia,

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jalan K.H. Ahmad Dahlan, Kembaran, Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia.

Email: nenidamajanti@ump.ac.id

2. PENDAHULUAN

Industri pangan di Indonesia mengalami pertumbuhan signifikan, termasuk industri soun yang banyak berkembang di berbagai daerah. Soun adalah produk makanan kering yang terbuat dari pati dengan bentuk khas. Bahan bakunya dapat berupa kacang hijau, jagung, ubi jalar (ubi jalar manis), sagu, aren, midro atau ganyong (*Canna eduliker*), dan tapioka (Rizqi & Budiono, 2018). Namun, keberadaan industri ini berdampak negatif terhadap lingkungan karena menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, perendaman, dan pemisahan pati. Limbah ini memiliki beban organik tinggi dengan kandungan pati, protein, senyawa nitrogen, serta nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi. Selain keruh dan berbau tidak sedap akibat aktivitas mikroba, limbah soun juga dilaporkan mengandung amonia, *Total Suspended Solid* (TSS), dan COD melebihi baku mutu air limbah, dengan COD bisa mencapai 4229,12 mg/L dan TSS 250 mg/L (Kholidah dkk., 2021). Nilai ini jauh di atas baku mutu air limbah industri soun yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan

Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 (Perda Jateng No. 5/2012), seperti terlihat pada Tabel 1. Tanpa pengolahan yang tepat, limbah tersebut dapat menimbulkan pencemaran serius.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Bihun dan Soun

NO	PARAMETER	BIHUN KADAR MAKS (mg/L)	BIHUN BEBAN PENCEMARAN (kg/ton)	SOUN KADAR MAKS (mg/L)	SOUN BEBAN PENCEMARAN (kg/ton)
1	BOD5	150	1.5	150	2.25
2	COD	250	2.5	250	3.75
3	TSS	100	1	100	1.5
4	pH	6.0 – 9.0	-	6.0 – 9.0	-
5	Debit Maksimum	10 m ³ /ton bahan baku		15 m ³ /ton bahan baku	

Pengelolaan limbah cair industri pangan umumnya ada 3 (tiga) metode, yaitu metode fisika, kimia, dan biologi. Metode fisika meliputi penyaringan, sedimentasi, flotasi, filtrasi, dan adsorpsi; metode kimia mencakup koagulasi-flokulasi, netralisasi, oksidasi, dan presipitasi; dan metode biologi menggunakan mikroorganisme untuk memecah zat organik. Di antara ketiga metode tersebut, koagulasi-flokulasi banyak digunakan karena efektif menghilangkan partikel. *Polyaluminium chloride* (PAC) sering dipakai sebagai koagulan karena mampu membentuk flok dengan cepat, namun berisiko bagi kesehatan dan lingkungan (Hanifah dkk., 2020), termasuk potensi neurotoksisitas yang dikaitkan dengan penyakit Alzheimer (Priatmoko & Rohman, 2023).

Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, polimer alami seperti selulosa, kitosan, pati, amilopektin, dan alginat mulai digunakan dalam pengolahan limbah (Fauzani dkk., 2021). Kitosan adalah polisakarida amino yang diperoleh melalui deasetilasi kitin, salah satu polimer alami paling umum di dunia setelah selulosa. Sumber utama kitosan berasal dari organisme laut seperti cangkang udang, kepiting, dan lobster. Kitosan memiliki beberapa keunggulan antara lain tidak beracun, aman bagi kesehatan manusia, bertindak sebagai polimer kationik linier dengan berat molekul tinggi, dan bersifat biodegradable (Yuniarita dkk., 2022). Kitosan merupakan kopolimer yang terdiri dari glukosamin dan N-asetilglukosamin. Bahan ini muncul sebagai bahan mentah serbaguna untuk sintesis dan produksi berbagai produk dengan aplikasi luas, mulai dari makanan, obat-obatan, farmasi, perawatan kesehatan hingga perlindungan lingkungan. Kitosan memiliki gugus amino bermuatan positif yang efektif mengikat partikel bermuatan negatif dalam limbah. Sifat unik kitosan, seperti polielektrolit, antibakteri, antioksidan, zat pembentuk gel, biokompatibilitas, kemampuan pengkelat logam, dan kemudahan pengolahan, timbul dari gugus amino dan hidroksilnya yang reaktif.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kitosan dalam menurunkan COD dan TSS pada limbah cair soun, serta menentukan variabel proses yang paling berpengaruh. Hasilnya diharapkan menjadi solusi berkelanjutan bagi pengolahan limbah cair industri soun, mendukung pelestarian lingkungan, dan pengembangan teknologi pengolahan limbah berbasis bahan alami.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass, gelas ukur, labu volumetrik, timbangan analitik, oven, termometer, cawan porselin, corong, batang pengaduk, nampan, kertas saring, pH meter, magnetic stirrer, hot plate, desikator, erlenmeyer, buret, pipet tetes. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan limbah cair soun, kitosan, aquadest, CH₃COOH, NaOH, Urea, K₂Cr₂O₇, Ag₂SO₄, H₂SO₄.

3.2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan analisis karakteristik limbah cair dari proses produksi soun untuk menentukan nilai awal *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebagai dasar evaluasi efektivitas pengolahan. Kitosan yang digunakan sebagai koagulan dipreparasi dengan melarutkan 1 gram serbuk kitosan ke dalam 100 mL larutan asam asetat 1% menggunakan *magnetic stirrer* hingga terbentuk larutan homogen.

Proses koagulasi dilakukan dengan mencampurkan 500 mL limbah cair soun dengan kitosan pada variasi dosis, kecepatan *rapid mixing*, kecepatan flokulasi, dan waktu pengendapan. Setelah proses flokulasi dan penyaringan, hasil pengolahan dianalisis untuk menentukan perubahan kadar COD dan TSS, serta menghitung persentase penurunannya.

3.3. Analisis Hasil

Analisis hasil yang dilakukan meliputi analisis COD dan TSS, yang mengacu pada SNI 6989.2-2019 tentang cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demands/COD*) dengan refluks tertutup secara

spektrofotometri dan SNI 6989.3-2019 tentang cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid/TSS*) dengan metode gravimetri.

3.4. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistik desain faktorial penuh (*full factorial design*). Pengaruh masing-masing variabel bebas, serta interaksi antar variabel dengan respon, dapat dinilai dengan menggunakan pendekatan ini. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang dianalisis adalah dosis kitosan, kecepatan rapid mixing, kecepatan flokulasi dan settling time, sedangkan responnya adalah nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solids*) dari limbah cair soun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Variabel Bebas terhadap *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air, baik yang mudah maupun sulit diuraikan secara biologis (Yuniarita dkk., 2022). Nilai COD yang tinggi menunjukkan kualitas air yang buruk karena rendahnya *Dissolved Oxygen* (DO). Data hasil percobaan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Percobaan COD

Run	Dosis Koagulan (mg/L)	Kecepatan Rapid Mixing (rpm)	Kecepatan Flokulasi (rpm)	Settling Time (menit)	Penurunan COD (mg/L)
1	100	100	10	30	222.50
2	100	100	10	50	239.17
3	100	100	30	30	196.67
4	100	100	30	50	296.67
5	100	300	10	30	180.00
6	100	300	10	50	268.33
7	100	300	30	30	183.33
8	100	300	30	50	236.67
9	300	100	10	30	453.33
10	300	100	10	50	463.33
11	300	100	30	30	196.67
12	300	100	30	50	270.00
13	300	300	10	30	170.00
14	300	300	10	50	260.00
15	300	300	30	30	375.00
16	300	300	30	50	468.33

Untuk mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan interaksi antar variabel dapat dilihat dalam Tabel 3. Nilai COD sebelum dilakukan pengolahan *jar test* sebesar 1160 mg/L. Angka tersebut belum memenuhi baku mutu COD untuk limbah soun sesuai dengan Perda Jateng No. 5/2012, yaitu sebesar 250 mg/L.

Tabel 3. Uji Statistik Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	Note
Model	158675.6944	11	14425.06313	22.4260091	0.0043	significant
A	43402.77778	1	43402.77778	67.4763833	0.0012	
B	2417.361111	1	2417.361111	3.75816464	0.1246	
C	69.44444444	1	69.44444444	0.10796221	0.759	
D	17226.5625	1	17226.5625	26.7813765	0.0066	
AB	34.02777778	1	34.02777778	0.05290148	0.8294	
AC	100	1	100	0.15546559	0.7135	
AD	4.34027778	1	4.34027778	0.00674764	0.9385	
BC	40334.02778	1	40334.02778	62.7055331	0.0014	
BD	976.5625	1	976.5625	1.51821862	0.2854	
CD	826.5625	1	826.5625	1.28502024	0.3203	
ABC	53284.02778	1	53284.02778	82.8383266	0.0008	
Residual	2572.916667	4	643.2291667			
Cor Total	161248.6111	15				

Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dari empat variabel bebas utama yang diuji (dosis kitosan, kecepatan *rapid mixing*, kecepatan flokulasi, dan *settling time*), hanya dosis kitosan dan *settling time* yang berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai COD. Hal ini dibuktikan dengan nilai P masing-masing sebesar 0,0012 dan 0,0066 ($P < 0,05$), yang menunjukkan adanya hubungan statistik antara kedua variabel tersebut dengan efisiensi penurunan COD.

Kitosan sebagai koagulan berperan melalui mekanisme netralisasi muatan dan pembentukan jembatan (*bridging*) antar partikel koloid bermuatan negatif dalam air limbah. Interaksi ini mendestabilisasi partikel, memungkinkan terbentuknya flok besar yang dapat mengendap dengan mudah, membawa senyawa organik penyumbang COD. Namun, dosis kitosan yang berlebihan dapat menyebabkan fenomena pembalikan muatan (*charge reversal*), membuat partikel kembali saling tolak-menolak sehingga flok menjadi tidak stabil dan proses penurunan COD menurun (Asharuddin dkk., 2018). Meskipun dosis kitosan terbukti signifikan dalam menurunkan COD, hasil pengolahan belum mencapai standar baku mutu limbah cair. Oleh karena itu, diperlukan optimasi lebih lanjut atau penggunaan metode pengolahan tambahan untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD.

Selain pengaruh individual, penelitian ini juga menganalisis interaksi antar variabel bebas. Dari enam kombinasi yang diuji, hanya interaksi antara kecepatan *rapid mixing* dan kecepatan flokulasi yang signifikan ($P = 0,0014 < 0,05$). Hal ini menunjukkan adanya efek sinergis antara kedua parameter, di mana *rapid mixing* mendistribusikan koagulan secara merata dan flokulasi membentuk flok secara optimal. Ketidakseimbangan keduanya dapat menyebabkan flok pecah atau terbentuk tidak merata. Interaksi variabel lainnya tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan COD.

4.2. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap *Total Suspended Solid* (COD)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan tersuspensi yang terdiri dari komponen terendapkan, bahan melayang, dan partikel koloid baik organik maupun anorganik (Yuniarita dkk., 2022). Untuk menurunkan kadar TSS dalam limbah cair, digunakan proses koagulasi-flokulasi, yaitu metode fisikokimia yang menggumpalkan partikel halus menjadi flok berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap. Data hasil percobaan untuk parameter TSS disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Percobaan TSS

Run	Dosis Koagulan (mg/L)	Kecepatan <i>Rapid Mixing</i> (Rpm)	Kecepatan Flokulasi (Rpm)	<i>Settling Time</i> (menit)	Penurunan TSS (mg/L)
1	100	100	10	30	260
2	100	100	10	50	380
3	100	100	30	30	300
4	100	100	30	50	310
5	100	300	10	30	380
6	100	300	10	50	440

Run	Dosis Koagulan (mg/L)	Kecepatan Rapid Mixing (Rpm)	Kecepatan Flokulasi (Rpm)	Settling Time (menit)	Penurunan TSS (mg/L)
7	100	300	30	30	290
8	100	300	30	50	305
9	300	100	10	30	120
10	300	100	10	50	500
11	300	100	30	30	80
12	300	100	30	50	455
13	300	300	10	30	190
14	300	300	10	50	425
15	300	300	30	30	370
16	300	300	30	50	440

Tabel 5 menunjukkan variabel yang paling berpengaruh dan interaksi antar variabel terhadap penurunan TSS. Sebelum pengolahan menggunakan metode *jar test*, nilai awal TSS limbah cair soun sebesar 590 mg/L, yang jauh melebihi baku mutu lingkungan. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, batas maksimum TSS untuk limbah cair industri soun adalah 100 mg/L.

Tabel 5. Uji Statistik Penurunan Total Suspended Solid (TSS)

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	Note
Model	198018.75	10	19801.875	4.80045455	0.0486	significant
A	506.25	1	506.25	0.12272727	0.7404	
B	11556.25	1	11556.25	2.80151515	0.155	
C	1225	1	1225	0.2969697	0.6092	
D	99225	1	99225	24.0545455	0.0045	
AB	756.25	1	756.25	0.18333333	0.6863	
AC	8100	1	8100	1.96363636	0.22	
AD	46225	1	46225	11.2060606	0.0204	
BC	400	1	400	0.0969697	0.7681	
BD	15625	1	15625	3.78787879	0.1092	
ABC	14400	1	14400	3.4090909	0.1207	
Residual	20625	5	4125			
Cor Total	218643.75	15				

Berdasarkan analisis pada Tabel 5, dari empat variabel bebas yang diuji (dosis koagulan, kecepatan *rapid mixing*, kecepatan flokulasi, dan *settling time*), hanya *settling time* yang berpengaruh signifikan terhadap penurunan TSS dengan nilai P-Value 0,0045 ($< 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa *settling time* berperan penting dalam memastikan flok yang terbentuk dapat mengendap secara optimal, sehingga mengurangi kadar TSS dalam limbah cair.

Settling time yang terlalu singkat membuat sebagian flok belum sempat mengendap, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan flok menjadi tidak stabil dan kembali tersuspensi. Oleh karena itu, pemilihan waktu pengendapan yang tepat sangat penting untuk mencapai efisiensi penyisihan TSS yang maksimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian pada tahun 2023 oleh Daud dkk., yang menunjukkan bahwa waktu pengendapan 4 jam memberikan hasil terbaik, sedangkan waktu 24 jam justru menurunkan efisiensi.

Sementara itu, variabel lain seperti dosis koagulan, kecepatan *rapid mixing*, dan kecepatan flokulasi tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap penurunan TSS (P-Value $> 0,05$). Hal ini kemungkinan karena variasi nilai yang digunakan masih berada dalam rentang optimum atau netral, sehingga perubahan parameter tersebut belum cukup besar untuk memberikan efek nyata. Efektivitas variabel-variabel ini mungkin akan terlihat lebih jelas jika diuji pada rentang yang lebih luas atau dikombinasikan dengan perlakuan lain.

Selain pengaruh individu, terdapat interaksi signifikan antara dosis kitosan dan *settling time* terhadap penurunan TSS ($P < 0,05$). Peningkatan dosis kitosan yang disertai dengan waktu pengendapan lebih lama terbukti mampu menurunkan kadar TSS secara lebih efektif dibandingkan pengaruh masing-masing faktor secara terpisah.

Dosis kitosan yang optimal menghasilkan flok berukuran dan berbobot cukup besar untuk mengendap cepat, sementara waktu pengendapan yang memadai memberikan kesempatan maksimal bagi flok untuk terpisah dari cairan. Interaksi ini menunjukkan pentingnya keseimbangan antara dosis koagulan dan lama pengendapan untuk memaksimalkan proses koagulasi-flokulasi.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penurunan COD, variabel dosis kitosan dan *settling time* memiliki pengaruh signifikan secara statistik ($P < 0,05$), menandakan pentingnya penentuan dosis dan waktu pengendapan yang tepat untuk mencapai efisiensi maksimal. Selain itu, terdapat interaksi signifikan antara kecepatan *rapid mixing* dan kecepatan flokulasi ($P < 0,05$) yang berperan dalam membentuk flok stabil dan efektif untuk mengadsorpsi senyawa organik terlarut.

Untuk penurunan TSS, hanya *settling time* yang terbukti berpengaruh signifikan dengan nilai P sebesar 0,0045, menunjukkan perannya yang krusial dalam pengendapan flok. Selain itu, interaksi antara dosis kitosan dan *settling time* juga berpengaruh signifikan, di mana peningkatan dosis kitosan yang diiringi dengan waktu pengendapan yang lebih lama dapat menurunkan kadar TSS secara lebih efektif dibandingkan pengaruh masing-masing variabel secara terpisah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asharuddin, S. M., Othman, N., & Zin, N. S. M. (2018). *Performance Assessment of Cassava Peel Starch and Alum as Dual Coagulant for Turbidity Removal in Dam Water. International Journal of Integrated Engineering*, 10(1), 74–84.
- Fauzani, D., Notodarmojo, S., Handajani, M., Helmy, Q., & Kardiansyah, T. (2021). Cellulose in Natural Flocculant Applications: A review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2047(1).
- Hanifah, H. N., Hadisoebroto, G., & Ineu Sintia Anggraeni, D. (2020). *Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras dan Kulit Pisang Kepok (Musa Balbisiana ABB) Dalam Menurunkan Turbiditas, TDS, dan TSS Dari Limbah Cair Industri Farmasi (Vol. 7, Nomor 1)*.
- Kholidah, Wahyuni, E. T., & Sugiharto, E. (2021). Fotodegradasi Terkatalisis $\text{TiO}_2\text{-H}_2\text{O}_2$ pada Pengolahan Limbah Cair Industri Mie Soun. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 5(2), 164–174.
- Nasution, P., Sumiyati, S., & Wardana, I. W. (2015). *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*.
- Priatmoko, S., & Rohman, A. N. (2023). *Modifikasi Selulosa Kulit Durian Menggunakan Glutaraldehid Sebagai Koagulan Untuk Pemulihan Limbah Cair Tepung Pati Aren. Bookchapter Alam Universitas Negeri Semarang*, 2, 115–144.
- Rizqi, I. A., & Budiono, Z. (2018). *Hygiene Sanitasi Pembuatan Sohun PT. Soka Indah Desa Karangsoke Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas Tahun 2018*.
- Trisnastuti, A. A. (2015). *Kualitas Limbah Cair Industri Mi Soun Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan, Kelangsungan Hidup Dan Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. Universitas Sebelas Maret.
- Yuniarita, D. P., Widiyawati, C., & Nisa Hanifah, R. (2022). *Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal)*.