

PENINGKATAN KUALITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI SIRUP MENGGUNAKAN SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia Crassipes*)

Aditya Alfian Marzuki, Rita Dwi Ratnani dan Indah Hartati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Raya Gunungpati No.KM. 15, Nongkosawit, Gunungpati, Semarang 50224.

Email: adit.am85@gmail.com

Abstrak

Selulosa eceng gondok merupakan polisakarida yang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami dalam pengolahan air limbah. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari kondisi optimum pengolahan limbah cair industri sirup dengan koagulan alami selulosa eceng gondok. Ekstrak eceng gondok dibuat dengan melarutkan 20 gram serbuk eceng gondok pada 500 ml NaOH. Kemudian campuran dipisahkan dengan filtrasi. Residu yang diperoleh dinamakan selulosa. Eceng gondok di ekstraksi dengan variasi waktu delignifikasi (1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5) jam, konsentrasi pelarut (0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6)%, massa koagulan (1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3) gram. Dengan analisa COD metode refluks terbuka, analisa TSS metode gravimetri. Koagulan alami eceng gondok dapat menurunkan kadar COD 28,06% serta kadar TSS sebesar 74,46%. Kemampuan ini didapatkan karena terdapat selulosa yang termasuk dalam polisakarida yang berfungsi mengikat residu dalam air keruh.

Kata kunci: COD, Eceng Gondok, Limbah Cair, TSS.

1. PENDAHULUAN

Pengolahan air limbah industri umumnya memiliki 3 tahapan utama dalam prosesnya yaitu: pengolahan secara fisika (*primarytreatment*), kimia (*secondarytreatment*) dan biologi (*Tertiaritreatment*). Koagulasi merupakan proses dalam tahapan pengolahan secara kimia yang penting untuk menghilangkan koloid sehingga kekeruhan air dapat berkurang (Anggorowati, 2021). Koagulan merupakan senyawa yang mempunyai kemampuan untuk mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan pada permukaan koloid sehingga dapat menempel satu sama lain dan menjadi flok lalu membentuk endapan (*Van der Waals*). Koagulan yang digunakan pada umumnya anorganik seperti alum ($Al_2(SO_4)_3$), *Polyferry Sulfate* ($Fe_2(SO_4)_3$). Namun, hasil penelitian menunjukkan senyawa tersebut dapat memicu terjadinya penyakit Alzheimer serta memiliki sifat neuroksitas pada tubuh manusia (Yin, 2010). Maka dikembangkan koagulan alami yang lebih aman, yang diperoleh dari ekstrak hewan, mikroorganisme, dan tumbuhan. Koagulan alami dapat berupa polimer seperti: selulosa, protein, polifenol, polisakarida (Kristianto et al., 2020). Selulosa merupakan komponen inti pada struktur tumbuhan yang tergolong sebagai polimer. Salah satunya berasal dari eceng gondok, menurut (Abdel-Fattah & Abdel-Naby, 2012), komposisi kimia eceng gondok berupa selulosa 60%, lignin 17%, hemiselulosa 8%. Eceng gondok merupakan gulma yang invasif dan memiliki pertumbuhan yang cepat hingga sulit untuk dikendalikan pada perairan. Maka perlunya pengolahan lanjutan untuk dapat mengendalikan persebaran eceng gondok pada suatu perairan serta memanfaatkan bahan dengan nilai guna rendah.

Berbagai studi tentang penggunaan koagulan alami dari selulosa telah banyak dilakukan. (Priatmoko & Rohman, 2023) menggunakan selulosa kulit durian sebagai koagulan limbah cair tepung pati aren. (Endang Kusumawati et al., 2022) selulosa cangkang aren sebagai koagulan dan flokulan. (Azizah & Bahri, 2021) koagulan alami selulosa kulit biji bunga matahari sebagai penurun kadar TSS dan TDS. Berpotensinya selulosa sebagai koagulan dan flokulan alami yang cukup berpengaruh maka dalam penelitian ini dikaji peningkatan kualitas limbah cair industri sirup menggunakan selulosa eceng gondok sebagai koagulan alami untuk menurunkan kadar COD dan TSS.

2. METODOLOGI

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain: *crusher*, timbangan digital, penangas elektrik, oven, gelas beaker 500 mL, erlenmeyer 250 mL, pipet ukur, labu alas bulat, kondensor lurus, klem vertikal

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Eceng gondok dari rawa pening, limbah industri sirup jawa tengah, *aquadest*, NaOH 5%, Hidrogen Peroksida H_2O_2 5%, Kalium Dikromat $K_2Cr_2O_7$ *p.a.*, Asam Sulfat-Perak Sulfat Ag_2SO_4 *p.a.*, Besi II Sulfat Heptahidrat $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ *p.a.*, Besi II Amonium Sulfat Heksahidrat $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ *p.a.*, Asam Sulfat (H_2SO_4) *p.a.*, Merkuri II Sulfat ($HgSO_4$) *p.a.*, 1,10 phenanthrolin monohidrat *p.a.*

Variasi yang diberikan terhadap perlakuan limbah cair menggunakan 3 variabel yakni waktu delignifikasi selulosa (1-5) jam, konsentrasi pelarut delignifikasi (0-6) %, massa koagulan (1-3) gram.

2.2. Preparasi Bahan

2.2.1. Penyiapan Koagulan

Batang eceng gondok yang sudah bersih dengan panjang 5 cm dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari untuk menghilangkan sebagian besar kadar air. Batang dikeringkan kembali menggunakan oven dengan suhu $80^\circ C$ selama 30 menit. Batang kering dihaluskan dengan *crusher* sebesar 20 mesh. Selanjutnya proses delignifikasi bertujuan menghilangkan kadar lignin, mencampurkan serbuk e.g 20gram dengan 500 mL larutan NaOH 5% pada suhu $90^\circ C$ menggunakan tujuan pertama variasi lama perendaman (1-5) jam. Setelah kering dan bersih dari pelarut e.g masuk proses *bleaching* untuk menghilangkan hemiselulosa. Mencampurkan serbuk e.g ke dalam larutan H_2O_2 5% dengan perbandingan 1:20 selama 30 menit pada suhu $70^\circ C$. kemudian dibilas dengan air dan keringkan selulosa. Mengulangi tahap delignifikasi dengan tujuan kedua variasi konsentrasi NaOH (0-6) % lama perendaman dari hasil optimal tujuan pertama. Berikutnya delignifikasi dengan tujuan ketiga massa selulosa (1-3) gram. Konsentrasi NaOH dari hasil optimal tujuan kedua.

2.2.3. Penyiapan sampel limbah

Sampel limbah yang digunakan merupakan air limbah cair yang diperoleh dari industri sirup di daerah jawa tengah. Sampel limbah diencerkan dengan perbandingan 1:10 guna menurunkan kadar COD dan TSS yang terlalu tinggi. Sampel disimpan pada lemari pendingin dengan massa penggunaan kurang dari 7 hari guna menjaga karakter dari sampel limbah.

2.2.3. Pengolahan air

sebanyak 100 mL air limbah ditambahkan dengan koagulan 2 gram, selanjutnya diaduk dengan kecepatan 120 *rpm* selama 1 menit. Kecepatan dikurangi menjadi 30 *rpm* selama 30 menit. Campuran didiamkan selama 30 menit. Pengambilan sampel uji pada permukaan air dan dilakukan setelah proses pengendapan 1 jam.

3. Analisis hasil

3.1. Penentuan kadar COD

Kadar COD diukur menggunakan metode refluks terbuka SNI-06-6989.15-2004. Memasukkan 10 mL sampel uji kedalam erlenmeyer 250 mL. menambahkan 0,2gram serbuk $HgSO_4$ dan beberapa batu didih lalu 5 mL larutan dikromat $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N. menambahkan 15 mL asam sulfat-perak sulfat perlahan sambil didinginkan dengan air pendingin. Kemudian hubungkan abu alas bulat kedalam penangas dan destilasi lurus, dipanaskan selama 2 jam. Selanjutnya mendinginkan labu serta bilas dengan *aquadest* pada bagian dalam destilasi hingga volume contoh menjadi 70 mL. sampel didinginkan

hingga suhu kamar lalu menambahkan 2 tetes indikator veroin, titrasi dengan larutan FAS 0,1N sampai warna merah kecoklatan, mencatat kebutuhan larutan FAS untuk menentukan hasil uji COD

Kadar COD dihitung dengan persamaan (1):

$$\text{KOK} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{O}_2 \right) = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{mL contoh-uji}} \quad (1)$$

Dimana:

- A : volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, mL;
- B : volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh, mL;
- N : normalitas larutan FAS

3.2. Penentuan kadar TSS

Kekeruhan air diukur dengan metode gravimetri SNI-06-6989.3-2004. Sampel air disaring menggunakan kertas saring *whatman* grade 42 kemudian ditiriskan dengan bantuan vakum hingga cukup kering. Keringkan kertas saring beserta residu menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Ulangi langkah pengovenan hingga tercapai berat konstan.

Kekeruhan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2):

$$\text{mg} \frac{\text{TSS}}{\text{L}} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}} \quad (2)$$

Dimana:

- A: berat kertas saring + residu kering, mg;
- B: berat kertas saring, mg.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis awal sampel limbah

Analisis sampel awal dilakukan untuk mengetahui karakter awal limbah cair sebelum dikontakkan dengan koagulan alami eceng gondok. Data analisa selengkapnya dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1. Hasil analisis awal sampel limbah

No	Parameter	Hasil uji Awal (mg/L)	Baku mutu * (mg/L)	Keterangan
1	COD	702	100	Tidak memenuhi
2	TSS	462	30	Tidak memenuhi

Keterangan:

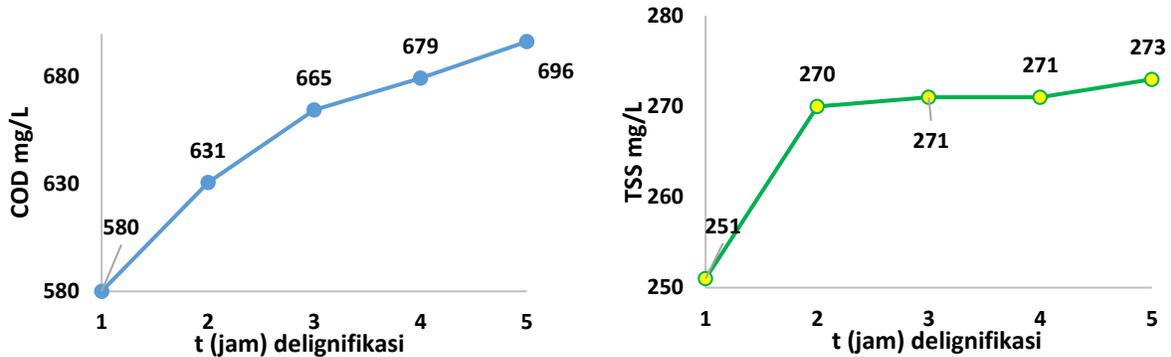
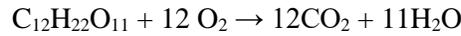
**Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012 tentang baku mutu Air Limbah*

Pada penelitian ini, parameter COD dan TSS menjadi parameter yang akan dianalisa dalam pengolahan air dengan koagulan alami

4.2. Pengaruh waktu delignifikasi terhadap kadar COD dan TSS

Variasi waktu delignifikasi menyebabkan larutnya lignin dari selulosa dengan kadar yang beragam. Dilihat pada **Gambar 1**, semakin lama delignifikasi dapat meningkatkan kadar selulosa yang diperoleh karena banyak rantai lignin dan hemiselulosa terputus, namun waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan monomer yang terputus dapat bereaksi dengan polimer yang ada sehingga menghasilkan lignin baru (H. Surest & Satriawan, 2010). Disisi lain waktu yang lama akan mengurangi kadar selulosa yang diperoleh karena terdegradasi oleh NaOH. Pada senyawa selulosa (C₆H₁₀O₅)_n terdapat atom O yang dibutuhkan sebagai oksidator untuk mengoksidasi senyawa organik pada sampel limbah. Pada limbah

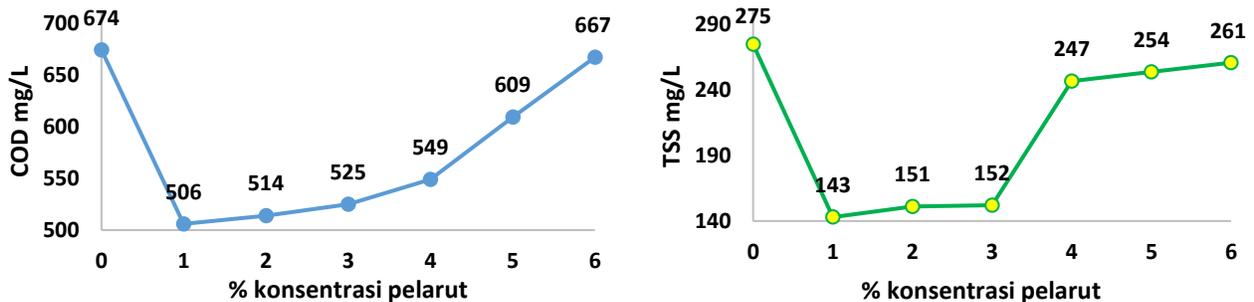
industri sirup kandungan senyawa organik yang tinggi disebabkan karena adanya pemanis yaitu sukrosa. Sukrosa merupakan disakarida gabungan dari glukosa dan fruktosa dengan rumus kimia $C_{12}H_{22}O_{11}$. Berikut kesetaraan reaksi biloks senyawa organik oleh atom oksigen:



Gambar 1 Pengaruh waktu delignifikasi terhadap kadar COD dan TSS

4.3. Pengaruh konsentrasi delignifikasi terhadap kadar COD dan TSS

Penurunan kadar COD dan TSS optimal pada konsentrasi 1% dapat dilihat pada **Gambar 2**. Semakin tinggi konsentrasi efektivitas koagulan mengalami penurunan. Sejalan dengan lama waktu delignifikasi, pada variasi konsentrasi delignifikasi juga mengalami penurunan efektivitas pada konsentrasi yang semakin tinggi. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Maryana et al., 2014) semakin tinggi konsentrasi pelarut maka selulosa yang padat menjadi lunak lalu bergabung dengan monomer lignin yang terputus dan menyebabkan berkurangnya berat selulosa.



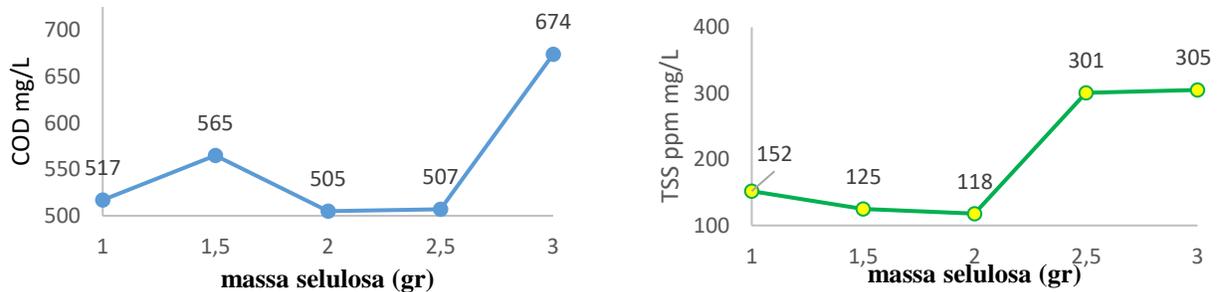
Gambar 2 pengaruh konsentrasi terhadap kadar COD dan TSS

Pada hasil penelitian dibuktikan dengan **Gambar 2**. Menunjukkan efisiensi penurunan kadar COD dan TSS optimal pada konsentrasi pelarut 1%. Mekanisme koagulasi yaitu pergerakan partikel-partikel residu yang bermuatan akan menarik pada koagulan yang memiliki muatan berlawanan, sehingga residu tersebut akan tarik menarik dengan koagulan dan membentuk flok-flok lebih besar kemudian mengendap. Selulosa ($C_6H_{10}O_5$) n memiliki muatan positif pada H^+ dan muatan negatif pada O^{2-} yang seimbang memungkinkan mengikat residu yang bermuatan positif maupun negatif. Namun meningkatnya konsentrasi pelarut menyebabkan efektifitas koagulasi menurun. Pada hasil uji TSS menunjukkan semakin tinggi konsentrasi berbanding lurus dengan nilai TSS yang meningkat menandakan koagulan dipengaruhi oleh lignin baru yang terbentuk. Menurut (Utomo & Fadila, 2020)

lignin yang memiliki gugus hidroksil OH^- mampu berikatan dengan logam. Namun demikian kandungan lignin yang besar pada konsentrasi pelarut tinggi tidak efektif dalam menurunkan kadar TSS pada limbah cair industri sirup karena limbah cenderung memiliki muatan negatif karena bersifat basa.

4.4. Pengaruh massa koagulan terhadap kadar COD dan TSS

Variasi massa diberikan pada sampel limbah menyebabkan terjadinya perbedaan jumlah atom oksigen pada koagulan. Selulosa merupakan senyawa dengan muatan netral sehingga mampu mengikat muatan positif dan negatif pada residu limbah sirup.



Gambar 3 Pengaruh massa terhadap COD dan TSS

Koagulan yang bermuatan negatif berperan mengikat residu yang bermuatan positif dan sebaliknya. Namun massa koagulan yang berlebih menyebabkan efektifitas koagulasi menurun karena campuran mengandung muatan negatif berebih. Ditunjukkan dengan kenaikan massa koagulan diikuti kadar TSS yang semakin meningkat. Di sisi lain dengan massa koagulan yang tinggi menyebabkan residu baru yang menambah kekeruhan dari serbuk selulosa itu sendiri dibuktikan dengan semakin meningkatnya kadar TSS pada massa 2,5 dan 3gram yang tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian selulosa eceng gondok efektif dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah cair industri sirup melalui proses delignifikasi dan *bleaching*. Penurunan kadar COD dan TSS optimal diperoleh pada waktu delignifikasi 1 jam konsentrasi pelarut 1% dengan massa koagulan 2 gram. Hasil dari pengujian dapat menurunkan kadar COD dan TSS sebesar 28,08% dan 74,45%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Fattah, A. F., & Abdel-Naby, M. A. (2012). Pretreatment and Enzymic Saccharification of Water Hyacinth Cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2109–2113. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.033>
- Anggorowati, A. A. (2021). Serbuk Biji Buah Semangka dan Pepaya Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air. In *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)* (Vol. 9, Issue 1).
- Azizah, N., & Bahri, S. (2021). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Dosis Penambahan Koagulan Alami dari Selulosa Kulit Biji Bunga Matahari (*Helianthus Annus L*) Terhadap Penurunan Kadar TSS dan TDS. In *Chemical Engineering Journal Storage* (Vol. 1, Issue 2).
- Endang Kusumawati, Dea Rahmawati, Vrilian, F. R., & Irwan Hidayatulloh. (2022). Uji Coba Biokoagulan dari Selulosa Cangkang Aren Menggunakan Unit Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi Secara Kontinyu. *Fluida*, 15(2), 128–135. <https://doi.org/10.35313/fluida.v15i2.4400>
- H. Surest, A., & Satriawan, D. (2010). *Pembuatan Pulp Dari Batang Rosella dengan Proses Soda (Konsentrasi NaOH, Temperatur Pemasakan dan Lama Pemasakan)*. 17(2).

- Kristianto, H., Jennifer, A., Sugih, A. K., & Prasetyo, S. (2020). Potensi Polisakarida dari Limbah Buah-buahan sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Air dan Limbah Cair: Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 108. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.57798>
- Maryana, R., Ma'rifatun, D., Wheni, I. A., K.w., S., & Rizal, W. A. (2014). Alkaline Pretreatment on Sugarcane Bagasse for Bioethanol Production. *Energy Procedia*, 47, 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.221>
- 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. <https://doi.org/10.15294/ka.v1i2.141>
- Utomo, Y., & Fadila, E. N. (2020). Isolasi Lignin dari Sekam Padi (*Oriza Sativa* L) Serta Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Ion Cd(II). *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 4(2), 19–26. <https://doi.org/10.17977/um0260v4i22020p019>
- Yin, C. Y. (2010). Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. In *Process Biochemistry* (Vol. 45, Issue 9, pp. 1437–1444). <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>