

Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Secara Organik Menggunakan Kitosan dan Ekstrak Daun *Abelmoschus* dalam Kegiatan Praktikum

Hana Rohana^a, Zakiah Dzulummah^a, Yopi Yogasmana^b

^aProdi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

^bProdi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

Corresponding Author : zakiahdz@upi.edu

Received: 28th October 2024; Revised: 28th May 2025; Accepted: 15th June 2025;

Available online: 15th June 2025; Published regularly: July 2025

Abstract

Laboratory wastewater is hazardous to health and the environment; therefore, it must be treated correctly and precisely. Wastewater treatment involves coagulation and flocculation processes. Mostly, chemicals used as coagulants or flocculants are expensive and if used for a long time, they will damage the environment. In this study, wastewater treatment was carried out with environmentally friendly organic materials, namely using chitosan and *Abelmoschus* leaf extract. The aithis research was to examine the effectiveness of organic waste processing using chitosan and *Abelmoschus* leaf extract in relation to turbidity values. The research began with the optimization parameters (pH, coagulant/flocculant dosage, rate and stirring time) carried out using the Jar test. Optimum parameters were obtained from the lowest turbidity value for each parameter. From the research results, it was obtained that the optimum parameters were: pH 6.5; coagulant dose 400 mg/L; flocculant dose 105 mg/L; coagulant and flocculant stirring rate 50 rpm and 30 rpm; coagulant flocculant stirring time 12.5 minutes and 10 minutes. The optimum parameters applied to wastewater treatment. The results indicate that turbidity value in the wastewater before processing is an average of 359 NTU and the turbidity value after processing is an average of 13.31 NTU. To confirm the results of the study, statistical tests were carried out on the samples. It is resulting there was a significant level difference due to the addition of chitosan and *Abelmoschus* leaf extract.

Key Words Biocoagulant, Bioflocculant, Chitosan, *Abelmoschus*

Abstrak

Limbah laboratorium berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan, harus diolah secara benar dan tepat. Pengolahan limbah melibatkan proses koagulasi dan flokulasi. Umumnya, koagulan dan flokulan yang digunakan adalah zat-zat kimia yang tidak ekonomis, dan dalam waktu lama dapat menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan limbah dengan material dari bahan organik yang ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus*. Tujuan penelitian adalah ingin mengkaji efektivitas pengolahan limbah secara organik menggunakan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus* dalam kaitannya dengan nilai turbiditas. Penelitian dimulai dengan optimasi parameter pengolahan (pH, dosis koagulan/flokulan, laju, dan waktu pengadukan) dilakukan secara "Jartest". Parameter optimum diambil dari nilai turbiditas paling rendah di setiap tahap optimasi. Dari hasil penelitian diperoleh parameter optimum pengolahan: pH 6,5; dosis koagulan 400 mg/L; dosis flokulan 105 mg/L; laju pengadukan koagulan dan flokulan 50 rpm dan 30 rpm; waktu pengadukan koagulan flokulan 12,5 menit dan 10 menit. Parameter optimum selanjutnya diaplikasikan pada pengolahan limbah. Hasil pengolahan menunjukkan nilai turbiditas pada air limbah sebelum diolah rata-rata 359 NTU dan setelah pengolahan menjadi rata-rata 13,31 NTU. Untuk memperkuat hasil penelitian dilakukan uji statistik pada sampel. Hasil menunjukkan terdapat perbedaan peringkat yang signifikan diakibatkan oleh penambahan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus*.

Kata Kunci : Biokoagulan, Bioflokulan, Kitosan, *Abelmoschus*.

PENDAHULUAN

Limbah laboratorium harus diolah secara benar dan tepat. Pengolahan limbah laboratorium pada mata praktikum kimia lingkungan masih menggunakan material (koagulan dan flokulan) yang berasal dari zat-zat kimia atau kombinasi zat kimia dan bahan organik. Selain tidak ekonomis, dalam jangka panjang menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan. Seiring dengan kesadaran manusia, penggunaan material pengolah limbah dari bahan organik mulai dikembangkan seperti penelitian pada biji kelor dalam pengolahan limbah cair industri sebagai alternatif pengendalian pencemaran lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan koagulan biji kelor dapat memperbaiki kualitas limbah cair industri minuman ringan (Aras dan Asriani, 2021). Pada penelitian lain, koagulan kitosan yang berasal dari cangkang rajungan menunjukkan hasil yang efektif dalam menurunkan kekeruhan pada air rawa (Lubena *et al.*, 2020). Disisi lain penelitian pada tanaman *Ipomoea batatas* L. yang digunakan sebagai flokulan dalam pengolahan air untuk praktikum Kimia Analisis Lingkungan telah dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak daun *Ipomoea* mampu menurunkan kekeruhan dalam air (Rohana dan Purwanti, 2019). Rohana dan Irwanto pada tahun 2023 melakukan penelitian yang sama pada tanaman *Abelmoschus manihot* L. Hasil menunjukkan bahwa daun *Abelmoschus* dapat menurunkan nilai kekeruhan pada air. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, belum terdapat kombinasi penggunaan koagulan dan flokulan yang berasal dari bahan organik untuk pengolahan limbah. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengolahan limbah laboratorium dengan koagulan dan flokulan dari bahan organik yaitu kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus*. Tujuan penelitian adalah ingin mengkaji efektivitas pengolahan limbah secara organik menggunakan kitosan dan daun *Abelmoschus* dalam kaitannya dengan nilai turbiditas. Dari hasil penelitian diharapkan dapat memperoleh suatu prosedur pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan dapat diterapkan pada kegiatan praktikum.

BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini: gelas kimia 400 ml, gelas ukur 250 ml, pipet ukur 10 ml, ball pipet, saringan, corong kaca, pH meter (Mettler Toledo FE20), Turbidimeter (EZDO TUB430), Mechanical stirrer (EYELA Mazela Z), Neraca analitik (Mettler Toledo ME204) dan Micropipet (Dragon Lab 100 – 1000 μ l). Bahan yang digunakan: limbah cair laboratorium kimia, kitosan, dan daun *Abelmoschus manihot* L. yang diambil dari kecamatan gunung batu kabupaten Bandung. Untuk pembuatan ekstrak kitosan ditimbang $\pm$ 4 gr bubuk kitosan dalam gelas kimia lalu ditambahkan 100 mL asam asetat 1%. Dihitung konsentrasi kitosan dalam mg/L. Pembuatan ekstrak daun *Abelmoschus* dilakukan dengan menimbang $\pm$ 15 g daun lalu diekstrak dengan air sebanyak 200 mL dengan cara diremas-remas sampai keluar cairan kental. Selanjutnya ekstrak disaring dan ampas daun ditimbang. Diperoleh berat bersih dari daun yang ditimbang dan dihitung konsentrasinya dalam mg/L.

Penelitian dilakukan melalui dua tahap yaitu: tahap optimasi parameter dan pengolahan secara *Jar Test* (SNI 19-6449-2000). Optimasi dilakukan dengan memvariasikan nilai-nilai setiap parameter yaitu pH (5,5 ; 6,0 ; 6,5 ; 7,0 ; 7,5), koagulan (0,5; 1; 1,5; 2 ; 2,5) ml, flokulan (0,2 ; 0,5 ; 1; 1,5 ; 2; 2,5) ml, laju pengadukan koagulasi (20; 50; 100 ; 150; 200 ; 250) rpm, laju pengadukan flokulasi (20 : 30 ; 40 ; 50 : 60) rpm, waktu koagulasi (2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10 ; 12,5; 15) menit, dan waktu flokulasi (2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10 ; 12,5) menit. Dekantasi selama 15 menit dilakukan secara gravitasi. Cairan jernih (filtrat) diukur turbiditasnya dengan metoda *Nefelometri*. Nilai turbiditas paling rendah ditetapkan sebagai parameter optimum, dan selanjutnya diaplikasikan pada pengolahan air. Keberadaan gugus fungsi pada daun *Abelmoschus* dianalisis secara FTIR. Pada uji skrining fitokimia digunakan reagen Mayer, reagen Wagner, reagen Bouchardat, asam sulfat pekat, asam klorida 2N, Ferri klorida 1%, serbuk Mg, dan asam klorida 2%. Uji statistik dilakukan untuk melihat perbedaan nilai turbiditas limbah sebelum dan sesudah pengolahan akibat adanya perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal Limbah Laboratorium

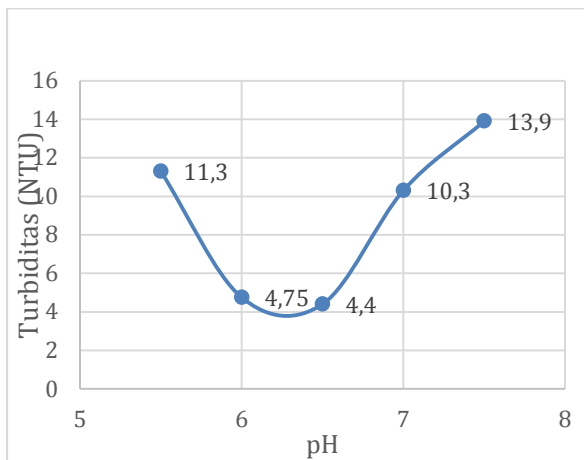
Limbah yang digunakan berasal dari laboratorium Riset Kimia, merupakan limbah yang dihasilkan dari berbagai jenis pengujian kimia. Adapun kondisi awal limbah sebelum diolah, dinyatakan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Awal Sampel

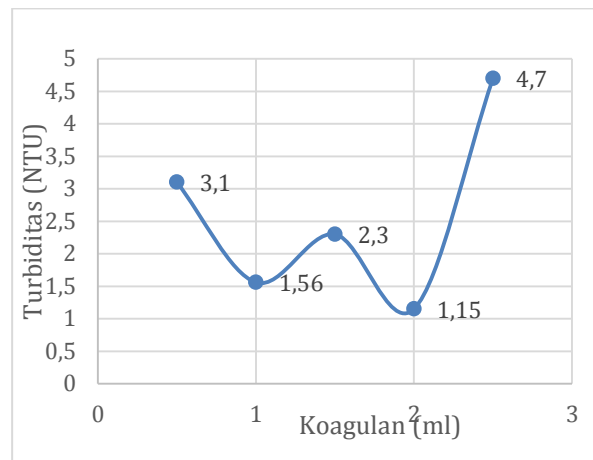
No.	Parameter	Nilai
1	pH	0,4
2	Kekeruhan	359 NTU
3	Warna	Kuning kecoklatan
4	Bau	asam

Optimasi Parameter Pengolahan

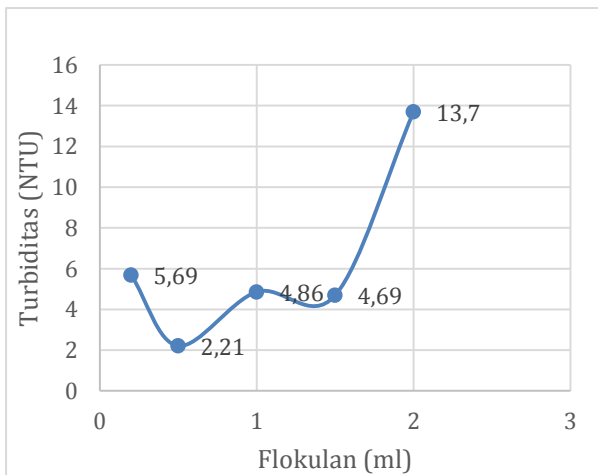
Optimasi parameter dilakukan untuk memperoleh kondisi optimum pengolahan, meliputi optimasi pH, dosis koagulan dan flokulan, laju dan waktu pengadukan koagulan dan flokulan. Grafik hasil optimasi dapat dilihat pada gambar 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.



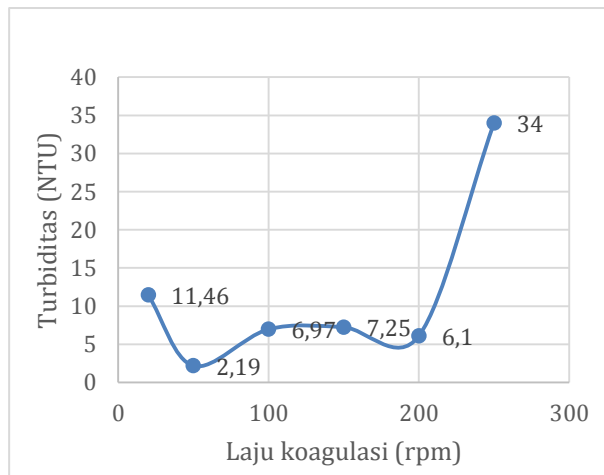
Gambar 1. Variasi pH terhadap Turbiditas



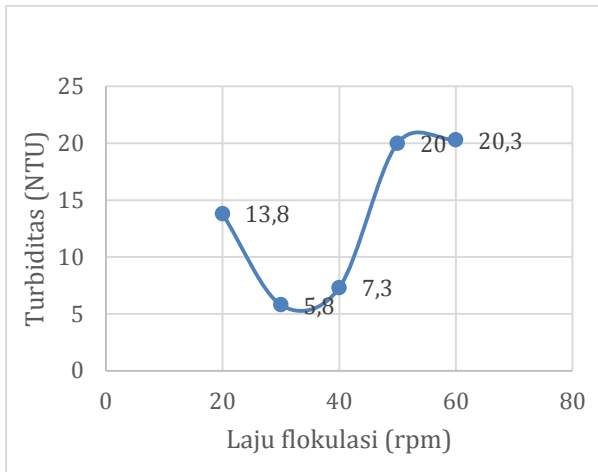
Gambar 2. Variasi Dosis Koagulan terhadap Turbiditas



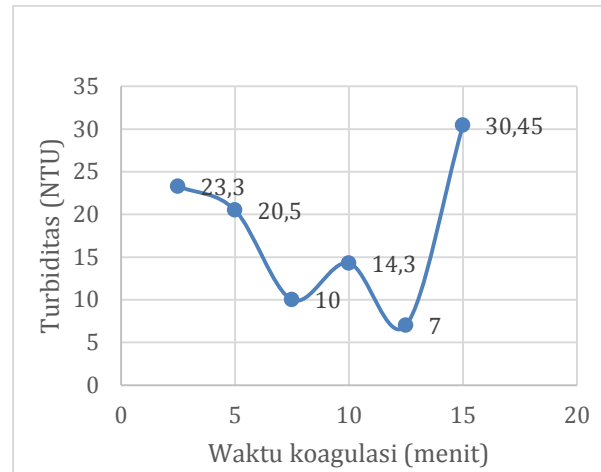
Gambar 3. Variasi Dosis Flokulan terhadap Turbiditas



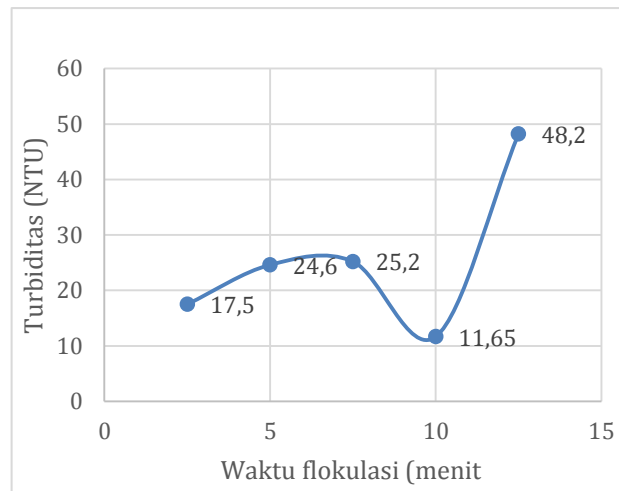
Gambar 4. Variasi Laju Koagulasi terhadap Turbiditas



Gambar 5. Variasi Laju Flokulasi terhadap Turbiditas



Gambar 6. Variasi Waktu Koagulasi terhadap Turbiditas



Gambar 7. Variasi Waktu Flokulasi terhadap Turbiditas

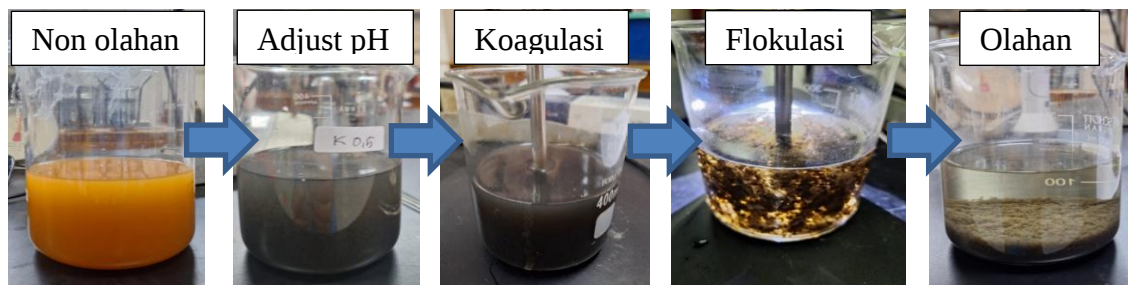
Dari hasil optimasi diperoleh parameter optimum untuk pengolahan limbah laboratorium menggunakan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus* adalah sebagai berikut pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekap Parameter Optimum Pengolahan

No.	Parameter Optimum	Nilai
1	pH	6,5
2	Dosis koagulan (mg/L)	400
3	Dosis flokulan (mg/L)	105
4	Laju pengadukan proses koagulasi (rpm)	50
5	Laju pengadukan proses flokulasi (rpm)	30
6	Waktu pengadukan proses koagulasi (menit)	12,5
7	Waktu pengadukan proses flokulasi (menit)	10

Pengolahan Limbah Laboratorium

Parameter optimum pada Tabel 2 diaplikasikan pada pengolahan limbah laboratorium. Sampel limbah yang akan diolah diukur dan diadjust terlebih dahulu pHnya. Perubahan yang terjadi pada saat pH limbah mendekati pH 5, larutan berubah warna dari kuning kecoklatan menjadi keruh. Kekeruhan terjadi karena mulai terbentuknya flok-flok halus (mikro flok) yang sukar diendapkan. Pada proses koagulasi dengan pengadukan cepat, penambahan kitosan memperbanyak terbentuknya mikro flok dan larutan terlihat bertambah keruh. Pada proses flokulasi dimana ekstrak daun *Abelmoschus* ditambahkan dan diaduk dengan kecepatan rendah, terlihat bentuk flok menjadi besar, mulai adanya pemisahan antara fase padat dan cair. Limbah hasil olahan kemudian didekantasi secara gravitasi selama 15 menit. Filtrat yang terbentuk kemudian diukur nilai turbiditasnya. Gambar 8 menunjukkan proses pengolahan limbah laboratorium dengan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus*. Parameter limbah hasil pengolahan ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 8. Proses Pengolahan Limbah Laboratorium

Tabel 3. Parameter Limbah Non Olahan dan Olahan

No.	Parameter	Non olahan	Adjust pH	Olahan
1	Turbiditas rata-rata (triplo)	359 NTU		13,31 NTU
2	pH rata-rata (triplo)	0,20	6,5	6,2
3	Bau	bau asam	bau lumpur	bau lumpur
4	Warna	kuning kecoklatan	keruh	jernih

Dari tabel 3, terlihat adanya penurunan nilai turbiditas pada limbah, yaitu dari 359 (NTU) sebelum pengolahan menjadi 13,31(NTU) setelah pengolahan. Penurunan nilai turbiditas diikuti dengan perubahan warna limbah dari kuning kecoklatan menjadi jernih, dan dari bau asam menjadi bau lumpur. Penambahan kitosan dalam kondisi asam tidak begitu berpengaruh terhadap pH limbah hasil olahan. Ini dapat dilihat dari pengukuran pH awal 6,5 dan pH akhir 6,2. Perbedaan nilai turbiditas sebelum dan sesudah mendapat perlakuan selanjutnya diuji secara statistik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9. Karena nilai-p atau *asymptotic significant value* = 0,028 < 0,05, maka H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan peringkat yang berarti yang diakibatkan oleh penambahan kitosan dan ekstrak daun *Abelmoschus*.

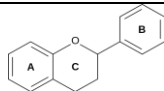
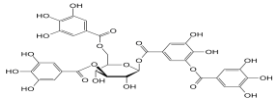
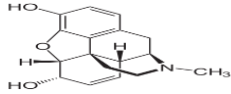
Test Statistics ^a	
	dengan penambahan kitosan+gedi tanpa penambahan
Z	-2.201 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028
a. Wilcoxon Signed Ranks Test	
b. Based on positive ranks.	

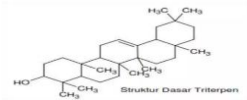
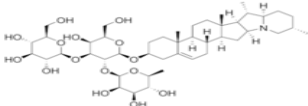
Gambar 9. Hasil Uji Statistik Pengolahan Limbah

Analisis Gugus Fungsi dan Skrining Fitokimia daun *Abelmoschus manihot* L.

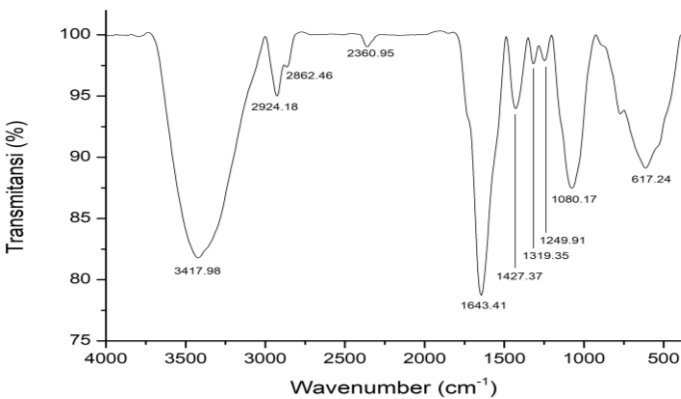
Tabel 4 menunjukkan senyawa yang terkandung dalam daun *Abelmoschus*, yaitu : flavonoid, tannin, alkaloid, triterpenoid dan saponin. Flavonoid adalah golongan dari metabolit sekunder polifenol yang ditemukan dalam tumbuhan serta memiliki struktur kimia dengan dua cincin benzene yang dihubungkan dengan cincin heterosiklik pirena (Dias *et al.*, 2021). Tannin merupakan sekelompok senyawa polifenol yang tersusun dari beberapa unit gugus polihidroksifenolik atau turunannya dan mampu membentuk kompleks dengan senyawa lain seperti protein, selulosa, dan mineral. (Vieira *et al.*, 2023). Alkaloid adalah senyawa yang mengandung unsur nitrogen terstruktur dalam cincin heterosiklik karbon dan hidrogen yang memilki kemampuan untuk berperan sebagai akseptor atau donor hidrogen dalam ikatan hidrogen, kemampuan tersebut sangat penting untuk interaksi antara enzim, protein, atau reseptor dengan ligan (Wieczorek *et al.*, 2015; Patil *et al.*, 2023). Adapun triterpenoid merupakan senyawa dengan kerangka dasar struktur hidrokarbon C30 tersusun dari enam unit isoprena berurutan yang secara alami ditemukan dalam tanaman serta dapat berperan sebagai antikanker, antiinflamasi, antibakteri ataupun antivirus (Li *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2023). Saponin adalah senyawa bioaktif golongan glikosida amfifilik dan triterpen yang umumnya ditemukan dalam tumbuhan dan hewan laut invertebrata serta mampu menghasilkan buih dalam air karena sifatnya yang seperti sabun (Scognamiglio, 2015; Yang *et al.*, 2021).

Tabel 4. Senyawa Kimia pada Daun *Abelmoschus*

No.	Senyawa	Hasil +/-	Pengamatan	Struktur
1	Flavonoid	+	Jingga	
2	Tanin	+	Biru kehitaman	
3	Alkaloid			
	Meyer	+	Kuning	Contoh Alkaloid: Morfin
	Bouchardat	+	Keruh/endapan	
	Wagner	+	Coklat	

4	Triterpenoid	+	Merah / Merah keunguan	
5	Saponin	+	Terdapat buih halus	

Gambar 10 menunjukkan spektrum FTIR dari daun *Abelmoschus manihot* L. Jika dikorelasikan antara hasil skrining fitokimia dengan spectrum FTIR, terlihat adanya serapan di panjang gelombang 3700-3200 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus -OH dari senyawa turunan flavonoid, tannin, alkaloid, triterpenoid dan saponin. Selain itu, diduga serapan yang melebar pada panjang gelombang 3700-3200 cm^{-1} dan 3326-2361 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus -NH dan gugus -N-H_2 dari senyawa turunan alkaloid dan saponin. Adanya serapan di panjang gelombang 1680-1620 cm^{-1} menunjukkan gugus -C=C yang berasal dari senyawa flavonoid, tannin, alkaloid, triterpenoid, maupun saponin. Pada panjang gelombang 1750-1630 cm^{-1} berupa gugus -C=O yang berasal dari senyawa turunan flavonoid, tanin, ataupun alkaloid. Serapan pada panjang gelombang 1400-1500 cm^{-1} dan 1465-1380 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi -C-C- ikatan aromatik dan -C-H , -C-H_2 *bending* dari senyawa turunan flavonoid, tannin, alkaloid, triterpenoid dan saponin. Sedangkan serapan pada panjang gelombang 1300-1037 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O , C-O-C Stretching pada senyawa flavonoid, tannin, alkaloid, maupun saponin. Adapun serapan pada panjang gelombang 900-400 cm^{-1} mengindikasikan adanya konfigurasi β -D-Glukopiranosida yang berasal dari selulosa yang terkandung dalam daun *Abelmoschus*. Tabel 5 menunjukkan gugus-gugus fungsi yang terkandung pada daun *Abelmoschus*.



Gambar 10. Spektrum FTIR pada Daun *Abelmoschus*

Tabel 5. Gugus-gugus Fungsi pada Daun *Abelmoschus*

Panjang Gelombang (cm^{-1})	Jenis Gugus Fungsi/Vibrasi	Referensi
3410-3200	-O-H / Stretching	(Taroreh <i>et al.</i> , 2016; Wang <i>et al.</i> , 2024)
3326-2361	-N-H_2 / Stretching	(Zheng <i>et al.</i> , 2021)

3000-2850	-CH-, -CH ₂ - and -CH ₃ stretching vibration	(Wang <i>et al.</i> , 2024)
1680-1620	-C=C / Stretching	(Rumoroy <i>et al.</i> , 2019)
1750-1630	-C=O / Stretching	(Zheng <i>et al.</i> , 2021)
1400-1500	C-C aromatic	(Taroreh <i>et al.</i> , 2016; Rumoroy <i>et al.</i> , 2019)
1450-1380	-C-H ₃ , -C-H ₂ / Bending	(Yang <i>et al.</i> , 2016)
1367-1317	C-H, C-O/ aromatic polysaccharides	(Hossen <i>et al.</i> , 2021; Teli & Jadhav, 2016)
1245-1037	C-O, C-O-C / Stretching	(El-Sakhawy <i>et al.</i> , 2018; S. Dassanayake <i>et al.</i> , 2019)
900-400	β -D-configuration	(Wang <i>et al.</i> , 2024)

Dari hasil pengolahan, uji fitokimia serta analisis gugus fungsi, diduga terjadinya penurunan nilai turbiditas pada limbah laboratorium disebabkan oleh destabilisasi partikel koloid secara: 1) Netralisasi muatan pada proses koagulasi. Kitosan dalam kondisi asam akan terprotonasi (bermuatan positif). Penambahan kitosan meningkatkan interaksi elektrostatis aliran muatan positif (+) dari kitosan dengan muatan negative (-) dari partikel koloid. Hal ini memperkecil gaya tolak menolak antar partikel koloid sehingga terbentuklah mikro flok. 2) Pada proses flokulasi penambahan flokulan dari ekstrak daun *Abelmoschus* yang mengandung senyawa metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, tannin, dan saponin serta memiliki gugus-gugus fungsi yang dapat bertindak sebagai situs aktif akan menjepit mikro flok menjadi flok-flok yang berukuran besar (makro flok). Akibatnya terjadilah proses agregasi makro flok dengan bantuan gravitasi dan teramati pemisahan partikel koloid dalam air limbah, sehingga diperoleh air limbah olahan dengan nilai turbiditas yang rendah. Hal ini mengindikasikan keberhasilan daun *Abelmoschus* dan kitosan sebagai material pengolah limbah dari bahan organik. Temuan ini mendorong fakta pengolahan limbah yang bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan, yang relevan dengan implementasi SDG_s No.6 (*Clean water and Sanitation*).

KESIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah proses pengolahan limbah laboratorium secara organik menggunakan kitosan dan daun *Abelmoschus manihot L.* terbukti efektif dapat menurunkan nilai turbiditas pada limbah dari rata-rata 359 (NTU) menjadi 13,31 (NTU). Parameter optimum pengolahan limbah laboratorium menggunakan kitosan dan *Abelmoschus manihot L.* adalah : pH 6,5; dosis kitosan 400 mg/L; dosis *Abelmoschus* 105 mg/L; laju pengadukan koagulasi 50 rp; laju pengadukan flokulasi 30 rpm; waktu koagulasi 12,5 menit; dan waktu flokulasi 10 menit. Parameter tersebut dapat dijadikan acuan prosedur pengolahan limbah yang ramah lingkungan serta dapat diterapkan pada kegiatan praktikum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur hanya milik Allah Subhanahu Wata'ala. Pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada :

1. Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan dana hibah penelitian berdasarkan Surat Keputusan Rektor No.392/UN40/PT.01.02/2024 dan perjanjian kontrak No.318/UN 40.LP/PT.01.03/2024.

2. Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D sebagai Narasumber yang telah memberikan bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini.
3. Para teknisi yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu secara teknis di lapangan sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar

DAFTAR PUSTAKA

- Aras M, Neny Rasnyanti dan Asriani. 2021. Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Cemaran Limbah Cair Industri Minuman Ringan. *Jurnal Sainsmat*. Vol. X(1): 42-52. <https://doi.org/10.35580/sainsmat101261692021>
- Dias MC, Pinto DCGA, Silva AMS. 2021. Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and Biological Activity. *Molecules*. Sep 4;26(17):5377. doi: 10.3390/molecules26175377. PMID: 34500810; PMCID: PMC8434187.
- El-Sakhawy, M., Kamel, S., Salama, A., & Sarhan, H.-A. (2018). Preparation and infrared study of cellulose based amphiphilic materials. <https://www.researchgate.net/publication/326294827>
- Febriyanto, Ricky. 2019 Analisis Konduktivitas Pada Produksi Bioflokulan-DYT Sebagai Pengganti Flokulan Sintesis. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*. Vol. 3(2): 41-48. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v3i2.1831>
- Hossen MT, Islam T, Mahee EI, Reza ZT, Rahman M, Mahmud MS (2021) A comprehensive study on Physico-Mechanical characteristics of Okra fibre (*Abelmoschus esculentus*) for textile applications. *Indian Journal of Science and Technology*. 14(9): 765-775. <https://doi.org/10.17485/IJST/v14i9.2268>
- Li, X., Li, Y., Ma, S., Zhao, Q., Wu, J., Duan, L., Xie, Y., Wang, S. 2021. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle bark: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*. Volume 275: 114121. ISSN 0378-8741. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114121>.
- Liu, J., Wang, C., Wang, Q., Zhang, W., Li, Z., He, S., Wu, J., Cao, P. 2023. Chapter 27 - Triterpenoids and saponins in drug discovery. *Privileged Scaffolds in Drug Discovery*. Academic Press. 613-671. ISBN 9780443186110. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18611-0.00013-9>.
- Lubena, Naidir, F., Andrian, B., Sandi, A.D. (2020). Penurunan Turbidity, pH, Kadar Fe menggunakan Biokoagulan Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*). *Konversi*. Vol. 9(1): 7-16. DOI: <https://doi.org/10.24853/konversi.9.1.10>
- Patil, A., Paikrao, H.M., Patil, S. 2023. Chapter 7 - The Chemistry and biology of the plant poisons and their forensic significance. *Studies in Natural Products Chemistry*. Elsevier. Volume 78: 255-321. ISSN 1572-5995. ISBN 9780323912532. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91253-2.00008-X>.
- Rohana, H. & Purwanti, S.T. 2019. Uji Optimasi Ekstrak Daun *Ipomoea batatas* L. yang Digunakan Sebagai Flokulan Dalam Pengolahan Air Untuk Praktikum Pada Mata Kuliah Kimia Analisis Lingkungan. *Jurnal Inovasi dan Pengembangan Laboratorium*. Vol.1(1): 9-15. <https://moraref.kemenag.go.id/archives/journal/98077985952901025>
- Rohana, H. & Irwanto, A.A.R. 2023. Pemanfaatan Ekstrak Daun *Abelmoschus Manihot* L. Sebagai Flokulan Pengolahan Air Tanah Pada Kegiatan Praktikum Kimia Analisis Lingkungan, Indonesian Journal of Laboratory. Vol. 6(3): Yogyakarta. <https://journal.ugm.ac.id/ijl/article/view/83449>.
- Rumoroy, Jhon & Sudewi, Sri & Siampa, Jainer. 2019. Analisis Total Fenolik Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* L.) Dengan Menggunakan Spektroskopi Ftir Dan Kemometrik. *Pharmakon*. 8. 758. 10.35799/pha.8.2019.29402.
- S. Dassanayake, R., Acharya, S., & Abidi, N. (2019). Biopolymer-Based Materials from Polysaccharides: Properties, Processing, Characterization and Sorption Applications. In *Advanced Sorption Process Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80898>
- Scognamiglio, M., Severino, V., D'Abrasca, B., Chambery, A., Fiorentino, A., 2015. Chapter 4 - Structural Elucidation of Saponins: A Combined Approach Based on High-Resolution

- Spectroscopic Techniques. *Studies in Natural Products Chemistry*. Elsevier. Volume 45: 85-120. ISSN 1572-5995. ISBN 9780444634733. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63473-3.00004-6>.
- Taroreh, M.I.R., Widiyantoro, A., Murdiati, A., Hastuti, P., Raharjo, S. 2016. Identification of flavonoid from leaves of gedi (*Abelmoschus manihot* L.) and its antioxidant activity. *AIP Conf. Proc.* Vol. 1755 (1): 080010. <https://doi.org/10.1063/1.4958518>
- Teli, Mangesh & Jadhav, Akshay. (2016). Extraction and Characterization of Novel Lignocellulosic Fibre. *Journal of Bionanoscience*. 10. 418-423. 10.1166/jbns.2016.1392.
- Wang, J.; Liao, E.; Ren, Z.; Wang, Q.; Xu, Z.; Wu, S.; Yu, C.; Yin, Y. 2024. Extraction and In Vitro Skincare Effect Assessment of Polysaccharides Extract from the Roots of *Abelmoschus manihot* (L.). *Molecules*, 29, 2109. <https://doi.org/10.3390/molecules29092109>.
- Vieira, J.S., de Oliveira, V.S., Carneiro, M.J., da Silva, T.L., Augusta, I.M., de Carvalho, M.G., Sawaya, ACHF., Saldanha, T. 2023. Phenolic composition and insights into the use of pink pepper (*Schinus terebentifolius* Raddi) fruit against lipid oxidation in food systems. *Food Bioscience*. Volume 53: 102556. ISSN 2212-4292. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102556>.
- Wieczorek, P.P., Witkowska, D., Misiak, I.J., Poliwoda, A., Oterman, M., Zielińska, K. 2015. Chapter 5 - Bioactive Alkaloids of Hallucinogenic Mushrooms. *Studies in Natural Products Chemistry*. Elsevier. Volume 46: Pages 133-168. ISSN 1572-5995. ISBN 9780444634627. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63462-7.00005-1>.
- Yang, W. G., Ha, J. H., Kim, S. G., & Chae, W. S. (2016). Spectroscopic determination of alkyl resorcinol concentration in hydroxyapatite composite. *Journal of Analytical Science and Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40543-016-0089-2>
- Yang, Y., Laval, S., Yu, B. 2021. Chapter Two - Chemical Synthesis of Saponins. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. Academic Press. Volume 79: 63-150. ISSN 0065-2318. ISBN 9780128246269. <https://doi.org/10.1016/bs.accb.2021.10.001>.
- Zheng, Y., Gao, Y., Li, H., Yan, M., Zhao, J., & Liu, Z. 2021. Chitosan-acrylic acid-polysuccinimide terpolymer as environmentally friendly scale and corrosion inhibitor in artificial seawater. *Desalination*, 520. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115367>
- .