Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 25, No 1 (2025): Februari, 899-903
DOI: 10.33087/jiubj.v25i1.6002

Variasi Waktu Pengadukan dan Rasio Poly Aluminium Chloride (PAC) Terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

[1]Ari Dwi Cahyo, [1]Andi Riyanto, [1]Mutiara Dewi Rukmana, [1]Silvia Devi Eka Putri, [2]Endi Adriansyah, [2]Asih Suzana, [3]Rifqi Sufra
[1]Analis Kimia, Akademi Kimia Analis Caraka Nusantara
[2] Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari
[3]Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera
Correspondence: mutiaradewi23@gmail.com, silviadevi96@gmail.com, endi.adriansyah@unbari.ac.id

Abstrak. Limbah cair dari industri tahu mengandung berbagai zat organik dan anorganik yang dapat menurunkan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai koagulan dalam mengurangi parameter pencemaran pada limbah cair industri tahu. Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan dengan tiga variasi dosis PAC (75 mg/L, 150 mg/L, dan 225 mg/L) dan waktu pengadukan yang berbeda (10, 15, dan 20 menit) menggunakan metode jar test. Metode jar test merupakan teknik laboratorium standar yang digunakan untuk menentukan dosis optimal koagulan yang diperlukan untuk menghilangkan kekeruhan dari air limbah. Hasil menunjukkan bahwa dosis PAC sebesar 225 mg/L dengan waktu pengadukan 20 menit merupakan kondisi optimal, mengurangi Total Dissolved Solids (TDS) dari 996 ppm menjadi signifikan lebih rendah. Konduktivitas awal sebesar 1971 µs menurun setelah penambahan PAC dosis tinggi dan waktu pengadukan yang lebih lama. Parameter pH meningkat dari 4 menjadi 5. Meskipun masih bersifat asam, peningkatan ini menunjukkan adanya pengurangan dalam keasaman, yang dapat bermanfaat dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan perairan. Warna air limbah menjadi lebih jernih dan bau berkurang, menunjukkan penurunan senyawa organik dan zat terlarut. Suhu tetap stabil pada 28ºC sebelum dan sesudah perlakuan. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa PAC efektif dalam meningkatkan kualitas air limbah dari industri tahu melalui mekanisme koagulasi, menghasilkan air yang lebih bersih dan jernih dengan pengurangan yang signifikan.

Kata kunci*:* PAC, pH, TDS, Konduktan, Koagulan

Abstract. *Liquid waste from the tofu industry contains various organic and inorganic substances which can reduce water quality. This research aims to assess the effectiveness of Poly Aluminum Chloride (PAC) as a coagulant in reducing pollution parameters in liquid waste from the tofu industry. In this study, experiments were carried out with three variations of PAC doses (75 mg/L, 150 mg/L, and 225 mg/L) and different stirring times (10, 15, and 20 minutes) using the jar test method. The jar test method is a standard laboratory technique used to determine the optimal dose of coagulant needed to remove turbidity from wastewater. The results show that a PAC dose of 225 mg/L with a stirring time of 20 minutes is the optimal condition, reducing Total Dissolved Solids (TDS) from 996 ppm to significantly lower. The initial conductivity of 1971 µs decreased after the addition of high doses of PAC and longer stirring times. The pH parameter increased from 4 to 5. Although still acidic, this increase indicates a reduction in acidity, which can be useful in reducing negative impacts on the aquatic environment. The color of the wastewater becomes clearer and the odor decreases, indicating a decrease in organic compounds and dissolved substances. The temperature remained stable at 28ºC before and after treatment. This research confirms that PAC is effective in improving the quality of wastewater from the tofu industry through the coagulation mechanism, producing cleaner and clearer water with a significant reduction.*

Keywords: *PAC, pH, TDS, Conductance, Coagulant*

PENDAHULUAN

Tahu adalah makanan yang sangat populer di Asia, khususnya di Indonesia, dan sering dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari (Adriansyah et al, 2023). Proses pembuatan tahu melibatkan pengolahan kedelai, dimana setiap satu ton kedelai yang digunakan menghasilkan sekitar 7-10 ton limbah cair. Industri tahu di Indonesia mengolah sekitar dua setengah juta ton kedelai setiap tahun, yang mengakibatkan lebih dari satu juta ton limbah padat dan 20 juta m^3 limbah cair dibuang setiap tahunnya (Viareco et al, 2023; Ritzu dkk, 2024). Limbah cair dari industri tahu mengandung berbagai zat seperti garam terlarut, karbohidrat, nitrogen, fosfor, dan bahan organik, yang terbentuk selama proses

produksi (Adriansyah dkk, 2024). Banyaknya industri tahu beroperasi dalam skala kecil atau rumah tangga, limbah yang dihasilkan sering kali tidak dikelola dengan baik dan dapat menyebabkan pencemaran (Suzana dkk, 2024). Limbah cair tahu umumnya memiliki tingkat polutan organik yang sangat tinggi, seperti hidrogen sulfida dan amonia, yang terbentuk dari pemecahan protein dan zat organik lainnya, dapat menimbulkan bau tidak sedap dan berdampak negatif pada kesehatan, terutama pada indera penciuman (Adriansyah dkk. 2024). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif untuk mengurangi dampak polusi.

Salah satu metode pengolahan yang biasa digunakan adalah koagulasi-flokulasi. Teknik ini melibatkan penambahan bahan kimia koagulan ke limbah cair untuk mengendapkan partikel tersuspensi dan bahan organik. Menurut Murwanto (2018), Poli aluminium klorida (PAC) adalah salah satu koagulan yang sering digunakan, yang efektif dalam menurunkan Total Dissolved Solids (TDS) dan konduktivitas. PAC memiliki keunggulan dalam stabilitas dan kemampuannya mengikat partikel koloid, sehingga mempermudah proses pengendapan.

Koagulasi adalah proses di mana muatan listrik pada partikel tersuspensi dan koloid, termasuk bakteri dan virus, dinetralkan untuk mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel. Proses ini memanfaatkan bahan yang disebut koagulan (Adriansyah dkk. 2019). Setelah tahap koagulasi, proses selanjutnya adalah flokulasi. Pada tahap ini, partikel-partikel yang telah terkoagulasi, yang sebelumnya masih tidak stabil, digabungkan melalui pengadukan lambat untuk membentuk gumpalan atau flok. Flok-flok ini kemudian dapat diendapkan atau disaring dari cairan (Agusta dkk, 2022).

Keberhasilan proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh dosis koagulan yang tepat. Dosis yang terlalu sedikit tidak akan membentuk flok, sementara dosis yang berlebihan dapat menyebabkan flok yang tidak sempurna karena perubahan pH larutan (Fatma dkk, 2023). Untuk menentukan dosis koagulan optimal dalam penjernihan air, digunakan metode jar test (Haghiri et al. 2017). Menurut (Nora dkk, 2017), Metode ini melibatkan penambahan dosis koagulan berbeda ke beberapa wadah, diaduk cepat dan lambat, lalu dibiarkan mengendap. Hasil dari jar test memberikan data penting mengenai dosis koagulan, pH, kecepatan, waktu, dan intensitas pengadukan, yang membantu menentukan kondisi pengolahan yang paling efektif.

METODE

Jar test merupakan metode standar yang dilakukan untuk menguji proses koagulasi. Metode ini menentukan dosis koagulan yang tepat, lama pengendapan, dan volume endapan yang terbentuk., sehingga proses pengolahan air menjadi lebih efektif dan efisien. Diuji sample menggunakan *Conductivity meter, Ph meter dan TDS meter.*

HASIL

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter kualitas limbah cair tahu sebelum dan sesudah penambahan koagulan PAC (*Polyaluminium Chloride*). Penggunaan koagulan PAC bertujuan untuk meningkatkan kualitas air limbah dengan mengurangi konsentrasi zat padat terlarut (TDS), menurunkan kekeruhan, dan memperbaiki sifat fisik dan kimia air limbah. Parameter yang diuji, meliputi pH, Total Dissolved Solids (TDS), konduktivitas, warna, bau, dan suhu, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1
Kualitas Limbah Cair Tahu Sebelum penambahan PAC

pH	Cont	Warna	Bau	Suhu	TDS
4	996 ppm	Keruh	Tahu	28	1971µs

Sumber: data olahan

Pada penelitian ini, disiapkan 3 beaker dengan masing-masing sample limbah cair tahu 200 mL. Penambahan PAC dilakukan pada setiap beaker dengan dosis dan waktu pengadukan yang berbeda, seperti yang dinci dalam Tabel 2.

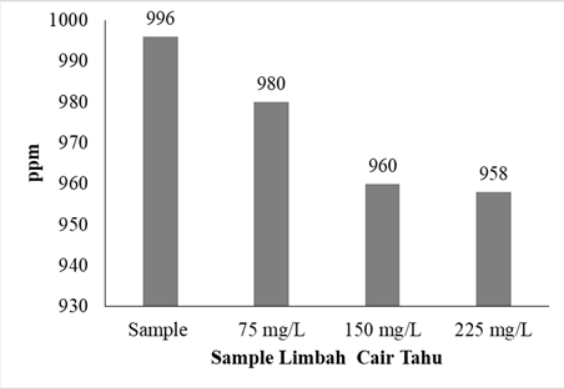
Tabel 2
Waktu Pengadukan dan Dosis PAC

Beaker	Waktu	Dosis
1	10 menit	75 mg/L
2	15 menit	150 mg/L
3	20 menit	225 mg/L

Sumber: data olahan

Berdasarkan jangka waktu yang diberikan dalam penelitian ini 10, 15, dan 20 menit prosedur pengadukan dimulai dengan pengadukan cepat selama satu menit dengan kecepatan 120 rpm dan kemudian diikuti dengan pengadukan bertahap dengan kecepatan 40-50

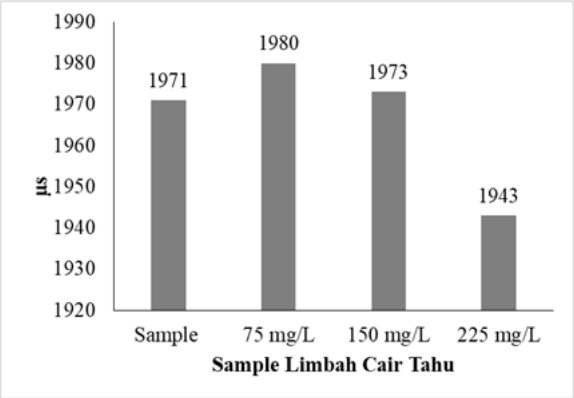
rpm. Tujuan proses pengadukan cepat untuk memastikan bahwa koagulan PAC tersebar secara merata di seluruh volume air limbah. Dispersi yang merata sangat penting agar koagulan dapat berinteraksi dengan seluruh partikel terlarut dan tersuspensi dalam air. Sedangkan pengadukan lambat bertujuan untuk memungkinkan flok tumbuh lebih besar dengan menggabungkan partikel-partikel yang terikat oleh koagulan. Sehingga saat pengendapan dapat mengendap sempurna.



sumber: data olahan

Gambar 1
Hasil pemeriksaan TDS setelah penambahan PAC

Pada pemeriksaan parameter TDS sample awal sebelum penambahan PAC terdapat 996 ppm. Setelah dilakukan penambahan PAC 75 mg/L dan pengadukan selama 10 menit, TDS mengalami penurunan menjadi 980. Dengan penambahan 150 mg/L PAC, TDS menurun menjadi 960 ppm. Penurunan paling signifikan terjadi dengan penambahan PAC 225 mg/L, yang menunjukkan bahwa dosis PAC yang lebih tinggi dan waktu pengadukkan yang lebih lama, lebih efektif dalam mengendapkan partikel terlarut melalui mekanisme koagulasi. Hal ini disebabkan oleh mekanisme koagulasi PAC yang menetralkan, menggabungkan, dan mengendapkan partikel kecil serta senyawa terlalut, sehingga menghasilkan air yang lebih bersih dengan nilai TDS yang lebih rendah (Ji dkk.,2024).



sumber: data olahan

Gambar 2
Hasil pemeriksaan konduktan setelah penambahan PAC

Tujuan konduktivitas adalah untuk mengukur konduktivitas listrik air, yang merupakan fungsi dari konsentrasi ion. Garam yang memiliki zat terlarut dan anorganik termasuk alkali, klorida, sulfida, dan campuran karbonat adalah sumber ion konduktivitas (Gapparov & Isakova, 2023). Pada pemeriksaan awal, konduktivitas air limbah sebesar 1971 µs, setelah penambahan PAC 75 mg/L dan 150 mg/L, konduktivitas mengalami kenaikan karena pembentukan ion baru selama proses koagulasi dan waktu pengadukann yang tidak signifikan. Penurunan konduktivitas yang signifikan pada dosis PAC 225 mg/L menunjukkan bahwa ion-ion yang berkontribusi terhadap konduktivitas telah diendapkan secara efektif.

limbah cair dari industri tahu umumnya memiliki pH yang rendah, yaitu sekitar 4 sebelum dilakukan perlakuan. Kondisi ini menunjukkan sifat air yang cukup asam, yang dapat berdampak buruk pada lingkungan perairan dan organisme yang hidup di dalamnya. Penelitian ini berfokus pada penggunaan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sebagai koagulan untuk memperbaiki kualitas air limbah tahu, terutama dalam hal pH, suhu, kejernihan, dan aroma (Sufra dkk, 2023).

Dalam percobaan, PAC dengan dosis 225 mg/L digunakan untuk proses koagulasi. Hasilnya menunjukkan bahwa pH limbah meningkat dari 4 menjadi 5 setelah perlakuan. Peningkatan ini meskipun tidak signifikan, menunjukkan bahwa PAC sebagai basa lemah dapat sedikit menetralkan keasaman air limbah. Hal ini penting karena pH yang lebih netral dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem perairan, membantu menjaga keseimbangan lingkungan.

Suhu air limbah sebelum perlakuan koagulasi tercatat sebesar 28ºC (Adriansyah, dkk 2019), dan hasil pengukuran setelah perlakuan menunjukkan bahwa suhu tetap stabil pada angka yang sama. Ini menunjukkan bahwa penggunaan PAC tidak menyebabkan perubahan suhu, yang penting untuk menjaga stabilitas termal ekosistem air dan mencegah stres termal pada organisme yang ada di dalamnya. penelitian ini juga mengamati perubahan fisik pada air limbah setelah penambahan PAC. Air limbah yang sebelumnya memiliki warna keruh kekuningan berubah menjadi lebih jernih setelah proses koagulasi. Hal ini terjadi karena PAC efektif dalam mengikat partikel-partikel tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan dan mengendapkannya, sehingga air menjadi lebih jernih. Kejernihan ini menunjukkan bahwa sebagian besar partikel pencemar telah berhasil dihilangkan, menjadikan air lebih aman untuk dilepaskan kembali ke lingkungan (Sufra dkk, 2024)

Perubahan lainnya yang diamati adalah aroma air limbah setelah perlakuan. Sebelum perlakuan, air limbah memiliki bau yang khas dan menyengat akibat tingginya kandungan senyawa organik dan zat terlarut. Setelah perlakuan dengan PAC, bau tersebut berkurang secara signifikan, dan air limbah mulai mengeluarkan aroma yang mirip dengan aroma PAC itu sendiri. Penurunan bau ini disebabkan oleh penurunan jumlah senyawa organik dan zat terlarut yang berkontribusi terhadap bau tidak sedap. Dosis PAC yang lebih tinggi menunjukkan efektivitas yang lebih besar dalam mengurangi bau, karena lebih banyak senyawa pencemar yang berhasil diikat dan diendapkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan PAC sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair industri tahu tidak hanya efektif dalam meningkatkan pH dan kejernihan air, tetapi juga dalam mengurangi bau yang tidak sedap. Stabilitas suhu setelah perlakuan juga menunjukkan bahwa PAC tidak menimbulkan efek samping negatif yang signifikan terhadap lingkungan termal air limbah. Oleh karena itu, PAC dapat dianggap sebagai solusi yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair industri tahu, dengan potensi aplikasi yang luas dalam berbagai industri yang menghasilkan limbah cair dengan karakteristik serupa.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, penggunaan koagulan PAC (*Poly Aluminum Chloride*) terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air limbah tahu. Penambahan PAC berhasil menurunkan konsentrasi Total Dissolved Solids (TDS) dengan penurunan paling signifikan terjadi pada dosis tertinggi (225 mg/L) dan waktu pengadukan terlama (20 menit). Konduktivitas air limbah mengalami peningkatan setelah penambahan PAC pada dosis 75 mg/L dan 150 mg/L, namun menurun secara signifikan pada dosis 225 mg/L, menunjukkan bahwa ion-ion yang berkontribusi pada konduktivitas telah diendapkan secara efektif. Peningkatan pH dari 4 menjadi 5 setelah perlakuan dengan PAC 225 mg/L menunjukkan bahwa PAC, sebagai basa lemah, dapat sedikit meningkatkan pH air limbah. Selain itu, warna air limbah menjadi lebih jernih dan aroma berubah menjadi mirip dengan aroma PAC, hasil dari pengurangan senyawa organik dan zat terlarut yang berkontribusi pada bau. Pengadukan cepat diikuti dengan pengadukan lambat efektif dalam memastikan dispersinya koagulan secara merata dan memungkinkan pertumbuhan flok yang lebih besar, sehingga pengendapan partikel lebih optimal. Secara keseluruhan, dosis PAC yang lebih tinggi dan waktu pengadukan yang lebih lama memberikan hasil terbaik dalam hal pengendapan partikel terlarut dan penurunan konduktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

Adriansyah, E., Agustina, T. E., & Arita, S. 2019. Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton method and adsorption. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*,*4*(1), 20–24.

Adriansyah, E., & Syaiful, M. 2024. Korelasi Suhu, pH, TSS Terhadap Pengukuran Parameter Besi di Sumur Pantau TPA Dengan Minitab 17®. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains, 2*(1), 20-24.

Adriansyah, E., Herawati, P., Suzana, A., & Pratama, A. I. 2023. Decreasing pH, COD and TSS of Domestic Liquid Waste Using Photocatalysis TiO2 (Titanium Dioxide). *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, *3*(2), 11–15.

Adriansyah, E., Herawati, P., Viareco, H., & Sufra, R. 2023. Advanced Treatment of Tofu Wastewater using Multilevel Filtration and TiO2 Photocatalysis as Promising Approach for Effective Wastewater Remediation. *Jurnal*

Presipitasi Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, *20*(3), 560–571.

Adriansyah, E., Herawati, P., Suzana, A., & Pratama, A. I. 2023. Decreasing pH, COD and TSS of Domestic Liquid Waste Using Photocatalysis TiO2 (Titanium Dioxide). *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, *3*(2), 11–15.

Adriansyah, E., Suci, A., Herawati, P., Suzana, A., Hadi, M., Sufra, R., & Syaiful, M. 2024. Pengolahan Air Limbah Produksi Mie Instan Menggunakan Metode Oksidasi Lanjutan H2o2 dengan Fotokatalis TiO2. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, *9*(4), 317-323.

Agusta H, Putra MA, Advenia D, Kurniawati N, Surawan T. 2022. Sintesis Poly Aluminium Chloride (PAC) dengan Variasi pH dari Limbah Kaleng Minuman Sebagai Penjernih Air. *J. Teknol.* 9(2):43–51.doi:10.31479/jtek.v9i2.146.

Fatma I, Budiono A, Baskoro R. 2023. Penentuan Dosis Optimum Koagulan Aluminium Sulfat Unit Dissolved Air Flotation Waste Water Treatment Plant Pt Kawasan Industri Intiland. *DISTILAT J. Teknol. Separasi*. 8(1):169–175.

Gapparov A, Isakova M. 2023. Study on the characteristics of water resources through electrical conductivity: A case study of Uzbekistan. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 1142(1).

Haghiri S, Moharramzadeh S, Daghighi A. 2017. Optimum Coagulant Forecasting with Modeling the Jar Test Experiments Using ANN. *Drink. Water Eng. Sci. Discuss.*(September), 1–12.

Ji X, Li Z, Wang M, Yuan Z, Jin L. 2024. Response Surface Methodology Approach to Optimize Parameters for Coagulation Process Using Polyaluminum Chloride (PAC). *Water (Switzerland)*. 16(11)

Murwanto B. 2018. Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *J. Kesehat.* 9(1), 143.

Nora, F., Adriansyah, E., Suzana, A., Pramono, M. S., Sufra, R., & Syaiful, M. (2023). Tofu Wastewater Treatment Using Biocoagulant Moringa Seed Powder (Moringa Oleifera L). *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, *3*(3), 41-45.

Riztu, S., Pradita, N. A., Sufra, R., Adriansyah, E., Suzana, A., Satria, A. W., & Sanjaya, A. 2024. Penurunan Kadar COD Air Limbah Domestik Menggunakan Fly Ash dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *24*(3), 2570-2574.

Sufra, R., Adriansyah, E., & Wati, L. A. 2023. Karbon aktif dari limbah kulit kayu sebagai penyerap logam Mangan (Mn) pada Leachate. *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, *2*(1), 13-16.

Sufra, R., Panjaitan, J. R., Alhanif, M., Mustafa, M., Yusupandi, F., Adriansyah, E., ... & Suzana, A. 2024. Intensifikasi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Melalui Proses Koagulasi dan Adsorpsi Studi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Kombinasi Fisika-Kimia. *Jurnal Talenta Sipil*, *7*(1), 266-275.

Sufra, R., Latifah, L., Susilo, N. A., Adriansyah, E., Wati, L. A., Yulia, A., ... & Herawati, P. 2023. Pemanfaatan Sisa Kulit Kayu sebagai Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Lindi Industri Pulp and Paper. *Jurnal Civronlit Unbari*, *8*(1), 17-22.

Sufra, R., Adriansyah, E., Syaiful, M., & Suzana, A. 2024. Pemanfaatan Adsorben Dari Chip dan Fines Untuk Mengurangi Kontaminan Pada Air Lindi. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, *2*(2), 47-51.

Suzana, A., Adriansyah, E., Herawati, P., Marhadi, M., Silvina, T., & Sufra, R. 2024. Pengolahan Air Limbah Batik Jambi Menggunakan Filtrasi dan Fotokatalisis TiO2 (Titanium Dioksida). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *24*(1), 578-582,

Viareco, H., Adriansyah, E., & Sufra, R. 2023. Potential Sequencing Batch Reactor in Leachate Treatment for Organic and Nitrogen Removal Efficiency. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *15*(2), 143–151.