

Jurnal Pengabdian Masyarakat Putri Hijau	Vol. 6 No. 4	Edition: September 2026 – Desember 2026
	http://ejournal.delihusada.ac.id/index.php/JPMPh	
Received : 18 September 2026	Revised: 20 September 2026	Accepted: 22 September 2026

EDUKASI DAN PELATIHAN PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI ADSORBEN DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH LAUNDRY DI DESA KEDAI DURIAN KECAMATAN DELI TUA

**Usaha Satria Pratama Tarigan¹, Evfy Septriani br Ginting², Pitto Pratiwi Malau³,
Novrika Silalahi⁴, Siti Nurhijjah⁵**

^{1,3,4} Program Studi Kesehatan Masyarakat , Institut Kesehatan Deli Husada

²Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Institut Kesehatan Deli Husada

e-mail: usahatarigan087@gmail.com, evfyseptriani@gmail.com,
Novrikasilalahi92@gmail.com, pittomalau26@gmail.com

Abstract

Laundry wastewater is an environmental problem that can reduce water quality when discharged directly without prior treatment. This condition was identified at Mekar Jourdan Laundry and Adam Laundry in Kedai Durian Village, Deli Tua District, where wastewater generated from washing activities was discharged into public drainage channels without prior treatment. To address this problem, the Community Service (PkM) team conducted an activity entitled “Education and Training on the Utilization of Eggshells as an Adsorbent for Laundry Wastewater Treatment.” The activity was conducted in June 2026 in Kedai Durian Village, Deli Tua District, and involved 25 participants, consisting of laundry owners, managers, and workers. The activity included education on the environmental impacts of laundry wastewater, an introduction to the adsorption principle, demonstrations on the preparation of eggshell powder, and hands-on practice in using the adsorbent for laundry wastewater treatment. The results of the application showed that eggshell powder could be utilized as a simple adsorbent to help reduce Total Dissolved Solids (TDS) and Total Suspended Solids (TSS) in laundry wastewater. A dose of 10 grams produced the most optimal reduction, with an average decrease of 86.8% in TDS and 50.91% in TSS. The practical activities also provided participants with direct experience in utilizing eggshell waste as an adsorbent and applying it to laundry wastewater treatment. Overall, this activity demonstrated that eggshell utilization can serve as a simple, economical, easy-to-apply, and environmentally friendly alternative for laundry wastewater treatment. The activity is expected to improve the knowledge, awareness, and practical skills of laundry business operators in managing wastewater and encourage the utilization of eggshell waste as a value-added material to support environmental conservation.

Keywords: Eggshell, Adsorbent, Laundry Wastewater, TDS, TSS, Community Service.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia dan keberlangsungan ekosistem. Air digunakan dalam berbagai aktivitas masyarakat, baik untuk kebutuhan domestik maupun kegiatan ekonomi dan jasa. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan berbagai sektor usaha, kebutuhan air semakin meningkat dan pada saat yang sama jumlah air limbah yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Limbah cair yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi sumber pencemaran dan menurunkan kualitas lingkungan perairan. Pengelolaan air limbah menjadi bagian penting dalam menjaga kualitas sumber daya air dan mendukung keberlanjutan lingkungan (UNESCO, 2025).

Salah satu kegiatan usaha yang menghasilkan limbah cair adalah usaha laundry. Kegiatan laundry menggunakan air dalam jumlah relatif besar dan melibatkan penggunaan deterjen serta berbagai bahan pencuci. Air limbah yang dihasilkan dapat mengandung bahan organik maupun anorganik, surfaktan, sisa deterjen, serta padatan yang berada dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Karakteristik air limbah laundry dapat berbeda bergantung pada jenis deterjen dan bahan pencuci yang digunakan. Yuliana et al. (2020) menyatakan bahwa air limbah laundry memiliki karakteristik yang dapat memberikan pengaruh terhadap kualitas air apabila dibuang tanpa pengolahan yang memadai. López-Zavala dan Espinoza-Estrada (2016) juga menunjukkan bahwa jenis deterjen dapat memengaruhi komposisi *graywater* laundry dan karakteristik parameter pencemarnya.

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi air limbah adalah Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS). TDS menggambarkan jumlah material terlarut yang terdapat dalam air, sedangkan TSS menunjukkan keberadaan partikel atau padatan yang tersuspensi dalam air. Keberadaan padatan terlarut maupun tersuspensi dalam jumlah tinggi dapat menjadi indikator adanya beban pencemar yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air limbah. Oleh karena itu, upaya penurunan kadar TDS dan TSS menjadi salah satu bagian penting dalam pengolahan limbah cair sebelum dialirkan ke lingkungan. Permasalahan pengelolaan limbah cair tersebut ditemukan pada Mekar Jourdan Laundry dan Adam Laundry di Desa Kedai Durian, Kecamatan Deli Tua, Kabupaten Deli Serdang. Berdasarkan pengamatan pendahuluan, air limbah yang dihasilkan dari aktivitas pencucian masih dialirkan langsung ke parit umum tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan limbah cair pada kedua mitra masih memerlukan perhatian. Pembuangan limbah secara langsung berpotensi meningkatkan beban pencemar pada lingkungan sekitar dan dapat memengaruhi kualitas perairan apabila berlangsung secara terus-menerus. Permasalahan tersebut memerlukan alternatif pengolahan yang sederhana, mudah diterapkan, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi usaha laundry skala kecil. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses penyerapan atau pengikatan komponen tertentu dari suatu larutan pada permukaan material adsorben. Penggunaan metode adsorpsi memiliki keunggulan karena dapat memanfaatkan berbagai material yang tersedia di lingkungan, termasuk material yang berasal dari limbah.

Pemanfaatan limbah sebagai adsorben juga mendukung prinsip pengurangan dan pemanfaatan kembali limbah sehingga suatu material yang sebelumnya tidak memiliki nilai guna dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengolahan lingkungan.

Salah satu bahan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben adalah cangkang telur. Cangkang telur merupakan limbah yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. Cangkang telur memiliki kandungan kalsium karbonat yang tinggi dan karakteristik permukaan yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan berbagai zat dalam larutan. Karakteristik tersebut menjadikan cangkang telur berpotensi digunakan sebagai material adsorben. Chou et al. (2023) menunjukkan bahwa cangkang telur bekas dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alami dalam proses penyisihan ion dari air limbah. Pemanfaatan cangkang telur untuk pengolahan limbah laundry juga telah diteliti sebelumnya. Fasihah et al. (2022) menunjukkan bahwa cangkang telur ayam dapat digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air limbah laundry. Penelitian Salamah et al. (2023) juga secara khusus mengkaji kemampuan cangkang telur sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas air limbah laundry. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa cangkang telur memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan alternatif dalam proses pengolahan air limbah laundry. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa limbah cangkang telur tidak hanya dapat dikurangi jumlahnya melalui pemanfaatan kembali, tetapi juga memiliki potensi untuk memberikan nilai tambah dalam pengelolaan lingkungan.

Pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben juga memiliki nilai penting dari aspek pemberdayaan masyarakat. Limbah cangkang telur yang selama ini umumnya dibuang dapat diperkenalkan sebagai bahan yang memiliki fungsi dalam pengelolaan lingkungan. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep pemanfaatan kembali limbah dan penerapan teknologi sederhana yang dapat disesuaikan dengan kondisi masyarakat. Bagi pelaku usaha laundry, alternatif pengolahan yang tidak membutuhkan teknologi rumit akan lebih mudah dipahami dan diterapkan dalam kegiatan usaha sehari-hari. Namun demikian, keberadaan hasil penelitian mengenai potensi cangkang telur sebagai adsorben belum secara otomatis menjamin penerapannya oleh masyarakat. Pelaku usaha laundry perlu memperoleh pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan praktis mengenai cara mempersiapkan cangkang telur, menggunakannya sebagai adsorben, serta memahami pengaruh dosis terhadap proses pengolahan limbah. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dapat menjembatani hasil penelitian dengan kebutuhan nyata di lapangan. Melalui edukasi dan pelatihan, hasil penelitian dapat diterjemahkan menjadi pengetahuan dan keterampilan yang lebih mudah dipahami serta berpotensi diterapkan oleh mitra.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul “Edukasi dan Pelatihan Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah Laundry di Desa Kedai Durian Kecamatan Deli Tua” dilaksanakan pada Mekar Jourdan Laundry dan Adam Laundry. Kegiatan ini diarahkan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pelaku usaha laundry dalam pengelolaan limbah cair melalui pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben. Pelaksanaan kegiatan meliputi edukasi mengenai dampak limbah cair laundry, pengenalan TDS dan TSS, penyampaian prinsip

adsorpsi, demonstrasi pembuatan serbuk cangkang telur, serta praktik pemanfaatannya dalam pengolahan air limbah laundry. Melalui kegiatan tersebut, diharapkan mitra tidak hanya memahami pentingnya pengelolaan limbah cair, tetapi juga mampu mengenali potensi bahan-bahan sederhana yang tersedia di lingkungan sekitar untuk dimanfaatkan dalam pengelolaan limbah. Kegiatan ini diharapkan dapat mendorong terbentuknya kesadaran dan keterampilan pengelolaan limbah yang lebih baik pada pelaku usaha laundry serta mendukung pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai bahan yang bernilai guna dalam upaya menjaga kualitas lingkungan.

II. METODE

Kegiatan Edukasi dan Pelatihan Pemanfaatan Cangkang Telur sebagai Adsorben dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry merupakan bagian dari program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang berfokus pada peningkatan pengetahuan dan keterampilan pelaku usaha laundry dalam pengelolaan limbah cair secara sederhana dan ramah lingkungan. Kegiatan dilaksanakan pada Mekar Jourdan Laundry dan Adam Laundry di Desa Kedai Durian, Kecamatan Deli Tua, Kabupaten Deli Serdang. Pemilihan kedua mitra didasarkan pada hasil pengamatan pendahuluan yang menunjukkan bahwa limbah cair hasil kegiatan pencucian masih dialirkan langsung ke parit umum tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui pendekatan edukasi, demonstrasi, dan praktik langsung. Pada tahap awal, peserta diberikan edukasi mengenai permasalahan limbah cair laundry, dampak pembuangan limbah terhadap lingkungan, serta pentingnya melakukan pengolahan sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Materi juga mencakup pengenalan parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS) serta prinsip dasar adsorpsi sebagai salah satu alternatif dalam pengolahan air limbah. Penyampaian materi dilakukan secara interaktif sehingga peserta dapat memahami hubungan antara aktivitas usaha laundry, limbah yang dihasilkan, dan dampaknya terhadap lingkungan. Kegiatan kemudian dilanjutkan dengan demonstrasi pemanfaatan cangkang telur sebagai bahan adsorben. Cangkang telur yang digunakan dipersiapkan melalui beberapa tahapan, yaitu pencucian, pengeringan, penghalusan, dan penyaringan untuk memperoleh serbuk dengan ukuran yang sesuai. Berdasarkan prosedur penelitian yang menjadi dasar kegiatan, serbuk cangkang telur disiapkan hingga lolos ukuran 100 mesh dan selanjutnya melalui proses aktivasi sebelum digunakan sebagai adsorben. Demonstrasi dilakukan secara bertahap agar peserta dapat memahami proses pengolahan bahan mulai dari cangkang telur sebagai limbah hingga menjadi serbuk yang dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair.

Setelah demonstrasi, peserta diberikan kesempatan untuk melakukan praktik secara langsung. Serbuk cangkang telur diaplikasikan sebagai adsorben pada limbah cair laundry dengan variasi dosis 5 gram, 10 gram, dan 15 gram. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan metode *batch*, kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan serbuk adsorben dari air hasil pengolahan. Tahapan tersebut mengacu pada prosedur yang digunakan dalam penelitian dasar mengenai pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben

pada limbah cair laundry. Melalui praktik tersebut, peserta memperoleh pengalaman langsung dalam menyiapkan bahan adsorben dan menerapkannya pada proses pengolahan limbah. Untuk mengetahui ketercapaian kegiatan, evaluasi dilakukan melalui pengamatan terhadap pemahaman dan keterlibatan peserta selama proses edukasi, demonstrasi, dan praktik. Evaluasi juga diarahkan untuk mengetahui kemampuan peserta dalam memahami dampak limbah cair laundry, prinsip adsorpsi, tahapan pembuatan adsorben, serta cara penggunaannya dalam pengolahan limbah. Peserta diberikan kesempatan untuk berdiskusi dan menyampaikan pertanyaan mengenai kendala yang mungkin dihadapi dalam penerapan pengolahan limbah di tempat usaha masing-masing.

Secara keseluruhan, metode pelaksanaan PkM ini dirancang dengan menggabungkan penyampaian pengetahuan dan praktik langsung, sehingga peserta tidak hanya memperoleh pemahaman secara teoritis tetapi juga memiliki pengalaman dalam memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai bahan adsorben. Pendekatan tersebut diharapkan dapat membantu mitra menerapkan alternatif pengolahan limbah yang sederhana, ekonomis, dan memanfaatkan bahan yang tersedia di lingkungan sekitar. Dengan demikian, kegiatan PkM diharapkan dapat mendorong peningkatan kepedulian pelaku usaha laundry terhadap pengelolaan limbah cair sekaligus meningkatkan nilai guna limbah cangkang telur.

III. HASIL

Kegiatan Edukasi dan Pelatihan Pemanfaatan Cangkang Telur sebagai Adsorben dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry dilaksanakan sebagai bentuk penerapan hasil penelitian kepada mitra laundry, yaitu Mekar Jourdan Laundry dan Adam Laundry di Desa Kedai Durian, Kecamatan Deli Tua, Kabupaten Deli Serdang. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam mengenali permasalahan limbah cair laundry serta memanfaatkan cangkang telur sebagai bahan adsorben sederhana yang dapat digunakan dalam membantu menurunkan kandungan pencemar pada air limbah. Kegiatan dilakukan melalui penyampaian materi, demonstrasi, dan praktik langsung mengenai tahapan pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben.

Pada tahap edukasi, peserta diberikan pemahaman mengenai karakteristik limbah cair laundry, dampak pembuangan limbah secara langsung terhadap lingkungan, serta pentingnya pengolahan limbah sebelum dibuang. Materi juga mencakup pengenalan parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS) serta prinsip adsorpsi dalam proses pengolahan air limbah. Penyampaian materi dilakukan secara komunikatif sehingga peserta dapat memahami keterkaitan antara aktivitas laundry dengan kualitas lingkungan di sekitar tempat usaha. Tahap berikutnya dilakukan melalui demonstrasi dan praktik pemanfaatan cangkang telur sebagai adsorben. Cangkang telur yang sebelumnya dianggap sebagai limbah dapat diolah menjadi serbuk dan dimanfaatkan sebagai media penyerap. Dalam penerapan berdasarkan hasil penelitian, serbuk cangkang telur digunakan dengan variasi dosis 5 gram, 10 gram, dan 15 gram. Serbuk adsorben dicampurkan dengan sampel air limbah laundry, kemudian dilakukan proses adsorpsi dan penyaringan. Praktik tersebut memberikan

pengalaman langsung kepada peserta mengenai proses sederhana pemanfaatan limbah cangkang telur untuk membantu mengolah limbah cair laundry.

Hasil penerapan menunjukkan adanya penurunan kadar TDS setelah diberikan perlakuan menggunakan adsorben cangkang telur. Kadar TDS awal memiliki rata-rata 579,5 mg/L. Penggunaan dosis 5 gram menghasilkan kadar TDS rata-rata 240,5 mg/L dengan penurunan sebesar 59,6%. Pada dosis 10 gram, kadar TDS menurun menjadi 82 mg/L dengan persentase penurunan tertinggi sebesar 86,8%. Sementara itu, dosis 15 gram menghasilkan kadar TDS rata-rata 204,5 mg/L dengan penurunan sebesar 68,5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dosis 10 gram memberikan kemampuan penurunan TDS paling optimal dibandingkan dengan dosis lainnya. Pada parameter TSS, kadar awal air limbah memiliki rata-rata sebesar 226 mg/L. Setelah dilakukan perlakuan, dosis 5 gram menghasilkan penurunan sebesar 47,07%, dosis 10 gram menghasilkan penurunan sebesar 50,91%, sedangkan dosis 15 gram menghasilkan penurunan sebesar 47,54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dosis 10 gram juga memberikan persentase penurunan TSS paling tinggi dibandingkan dengan dosis 5 gram dan 15 gram.

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai adsorben dapat diterapkan sebagai salah satu metode sederhana dalam membantu pengolahan limbah cair laundry. Evaluasi terhadap hasil penerapan menunjukkan adanya perubahan kadar TDS dan TSS setelah penggunaan adsorben. Pada parameter TDS, hasil evaluasi menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test memperoleh nilai $Z = -3,059$, *mean rank* = 6,50, dan $p = 0,002$. Sementara itu, pada parameter TSS diperoleh nilai $Z = -3,059$, *mean rank* = 6,50, dan $p = 0,002$. Hasil evaluasi tersebut memperkuat adanya perubahan kadar TDS dan TSS setelah penerapan adsorben cangkang telur.

Dalam pelaksanaan kegiatan, peserta tidak hanya memperoleh informasi mengenai dampak limbah cair laundry terhadap lingkungan, tetapi juga mendapatkan pengalaman langsung dalam memanfaatkan cangkang telur sebagai bahan adsorben. Melalui demonstrasi dan praktik, peserta diperkenalkan pada proses sederhana pembuatan serbuk cangkang telur dan penggunaannya dalam pengolahan limbah cair laundry. Kegiatan tersebut memberikan pemahaman bahwa bahan yang selama ini dianggap sebagai limbah rumah tangga dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan yang memiliki nilai guna.

Hasil penerapan berdasarkan variasi dosis menunjukkan bahwa dosis 10 gram memberikan hasil penurunan yang paling optimal, dengan rata-rata penurunan TDS sebesar 86,8% dan TSS sebesar 50,91%. Hasil tersebut menjadi informasi praktis bagi peserta dalam memahami penggunaan dosis adsorben pada proses pengolahan limbah cair laundry. Secara keseluruhan, kegiatan ini tidak hanya memberikan pengetahuan mengenai pengelolaan limbah, tetapi juga meningkatkan pengalaman dan keterampilan peserta dalam menerapkan teknologi sederhana berbasis pemanfaatan limbah cangkang telur. Pemanfaatan cangkang telur berpotensi dikembangkan sebagai salah satu alternatif yang sederhana, ekonomis, mudah diterapkan, dan ramah lingkungan dalam membantu pengelolaan limbah cair laundry.

Secara keseluruhan, kegiatan PkM ini tidak hanya memberikan pengetahuan mengenai permasalahan limbah cair laundry, tetapi juga memberikan keterampilan praktis kepada mitra

dalam memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai adsorben. Kegiatan ini diharapkan dapat mendorong mitra untuk lebih memperhatikan pengelolaan limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas laundry serta menerapkan alternatif pengolahan yang sederhana dan mudah dikembangkan. Dengan demikian, pemanfaatan cangkang telur dapat menjadi salah satu bentuk penerapan teknologi sederhana berbasis pemanfaatan limbah yang mendukung upaya menjaga kualitas lingkungan di sekitar usaha laundry.

IV. KESIMPULAN

Kegiatan edukasi dan pelatihan pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai adsorben memberikan kesempatan kepada mitra untuk memahami permasalahan air limbah laundry serta mengikuti secara langsung tahapan persiapan dan penggunaan adsorben. Hasil penerapan teknologi yang menjadi dasar kegiatan menunjukkan bahwa serbuk cangkang telur mampu menurunkan parameter TDS dan TSS, dengan dosis 10 g memberikan penurunan TDS tertinggi sebesar 86,8% dan penurunan TSS sebesar 50,91%. Hasil uji Wilcoxon pada data penelitian menunjukkan nilai $p=0,002$. Kegiatan ini dapat menjadi salah satu alternatif edukasi dan penerapan pengolahan air limbah laundry yang sederhana dan memanfaatkan bahan yang mudah diperoleh. Penerapan lebih lanjut tetap perlu disertai pengujian kualitas air secara berkala agar hasil pengolahan dapat dipantau.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chou, M. Y., Lee, T. A., Lin, Y. S., Hsu, S. Y., Wang, M. F., Li, P. H., Huang, P. H., Lu, W. C., et al. (2023). On the removal efficiency of copper ions in wastewater using calcined waste eggshells as natural adsorbents. *Scientific Reports*, 13, 437.
2. Fasihah, N. S., Maryani, Y., & Heriyanto, H. (2022). Pengolahan air limbah laundry menggunakan adsorpsi cangkang telur ayam. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(20), 129–139. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7239004>
3. Yuliana, Y., Langsa, M. H., & Sirampun, A. D. (2020). Air limbah laundry: Karakteristik dan pengaruhnya terhadap kualitas air. *Jurnal Natural*, 16(1), 25–33. <https://doi.org/10.30862/jn.v16i1.48>.
4. Salamah, S., Mufandi, I., Krismawati, A. A., & Humairrah, S. (2023). Kemampuan cangkang telur sebagai adsorben untuk meningkatkan baku mutu air limbah laundry (air deterjen). *Jurnal Teknik Kimia*, 29(1), 47–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v29i1.1294>.
5. Rinilam, A., Fatimura, M., Masriatini, R., & Fitriyanti, R. (2025). Pengolahan air limbah laundry untuk menurunkan parameter pencemar menggunakan metode foto-Fenton. *Jurnal Integrasi Proses*, 14(1).
6. Sari, N. (2023). *Penggunaan cangkang telur ayam sebagai adsorben pada pengolahan limbah industri laundry*. Repository Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
7. Phosphorus removal from urban wastewater through adsorption using biogenic calcium carbonate. *Journal of Environmental Management*, 351, 119875. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119875>.

8. UNESCO. (2025). *United Nations World Water Development Report 2025: Mountains and Glaciers—Water Towers*. UNESCO.
9. López-Zavala, M. A., & Espinoza-Estrada, C. E. (2016). The contribution of the type of detergent to domestic laundry graywater composition and its effect on treatment performance. *Water*, 8(5), 214.
10. Eggshell-zeolite composite for surfactant adsorption in wastewater treatment. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7, 100284.