



Pengolahan limbah ampas teh, cangkang telur dan styrofoam sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas limbah laundry (air deterjen)

Maharani Triya Velina, Dinda Hana Murty Wardah, Adedio Daniel Situmeang, Oka Saputra

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi 9.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

23 September 2023

Abstract

Waste from the laundry process contains high concentrations of various chemicals, such as phosphate, surfactants, ammonia, methylene blue, nitrogen, as well as high levels of dissolved solids, turbidity, high BOD, and high COD. In the treatment of wastewater, one of the methods used is adsorption, and natural materials are often used as adsorbents. The commonly used material as an adsorbent is activated carbon. This study aims to determine the influence and effectiveness of three waste materials, namely tea waste, eggshells, and styrofoam as adsorbents to improve the quality of laundry wastewater. The research method used is literature review. Data collection was carried out by reviewing various journals and articles related to the three waste materials used as adsorbents in laundry wastewater containing hazardous chemical compounds. The articles and journals used were obtained from Google Scholar and several journal websites published in the last 10 years. Based on the results of this study, it was found that the most effective material used as an adsorbent for laundry wastewater is eggshells, followed by tea waste. This is proven by the porous structure of chicken eggshells which have high calcium carbonate nutrition and the physical properties of tea waste which have a wide surface area and fast adsorption kinetics.

Keywords: Adsorbents · Waste · Laundry · Tea Waste · Eggshells · Styrofoam

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang mempunyai jumlah penduduk sebanyak lebih dari 270 juta jiwa. Dengan jumlah penduduk yang besar, aktivitas manusia di Indonesia memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan sekitarnya, salah satunya adalah munculnya limbah yang dapat merugikan lingkungan. Limbah adalah sisa atau produk dari suatu proses usaha atau kegiatan yang terbuang dan tidak terpakai yang dapat menimbulkan dampak buruk terhadap makhluk hidup dan lingkungan (Saputro & Dwiprigitaningtias, 2022). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo.PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan atau kegiatan manusia. Limbah dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti sisa proses produksi; Bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembuatan atau pemakaian; Barang rusak atau cacat dalam proses produksi. Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa limbah adalah sisa atau buangan dari proses produksi yang tidak memiliki nilai tinggi atau

✉ Oka Saputra
okasaputra@unesa.ac.id

Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia.

How to Cite: Situmeang, A. D., Saputra, O., Velina, M. T., & Wardah, D. H. M. (2023). Pengolahan limbah ampas teh, cangkang telur dan styrofoam sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas limbah laundry (air deterjen). *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2(1), 242-249. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

sudah tidak berharga. Limbah memiliki berbagai jenis, termasuk kotoran hewan, limbah tanaman, limbah rumah tangga, dan barang bekas. Akumulasi limbah ini dapat mengganggu keseimbangan lingkungan karena jumlahnya melebihi kapasitas toleransi lingkungan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan pencemaran.

Salah satu dari berbagai masalah yang sedang terjadi saat ini adalah pencemaran lingkungan yang sering disebabkan oleh limbah cair yang dihasilkan dari proses mencuci pakaian. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak yang luar biasa pada perairan khususnya sumber daya air (Fernianti & Suryati, 2017). Limbah cair ini perlu mendapat perhatian dalam pengolahan air limbah karena sudah banyak bermunculan di kota besar yang berasal dari *laundry* skala rumahan (Agustina, dkk., 2015). Hampir seluruh industri pencucian pakaian (*laundry*) mengeluarkan limbah tanpa menjalani tahap pengolahan terlebih dahulu. Praktik ini berpotensi menyebabkan eutrofikasi di lingkungan air, dimana terjadi peningkatan konsentrasi nutrisi terlarut, penurunan kadar oksigen terlarut, dan berkurangnya kemampuan ekosistem air dalam mendukung kehidupan biota air. Peningkatan jumlah industri pencucian pakaian juga berpotensi meningkatkan penggunaan deterjen.

Permasalahan pencemaran lingkungan yang timbul dari limbah yang berasal dari layanan pencucian pakaian, yang mengandung fosfat dan senyawa kimia berpotensi berbahaya, memiliki hubungan erat dengan isu-isu lain, seperti peningkatan kasus eutrofikasi di berbagai sumber daya air di Indonesia. Faktor-faktor pencemaran ini berasal dari berbagai kegiatan modern, termasuk pertanian, peternakan, pemukiman, bahkan usaha-usaha kecil, dan semakin diperparah oleh pertumbuhan cepat populasi manusia. Hal ini dapat menjadi akar masalah yang semakin rumit dalam konteks krisis air.

Air limbah laundry mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, metilen biru dan nitrogen serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, BOD dan COD tinggi (Ulwi, dkk., 2022). Adsorpsi merupakan salah satu proses yang digunakan pada pengolahan air limbah dan biasanya dapat menggunakan bahan alam untuk digunakan sebagai adsorben (Widayatno et al., 2017). Bahan yang biasanya digunakan sebagai adsorben adalah karbon aktif (Pratiwi, 2023). Karbon aktif adalah karbon yang telah mengalami proses aktivasi. Tujuan dari aktivasi karbon aktif adalah untuk membuka pori-pori dalam karbon tersebut, sehingga karbon ini dapat berperan sebagai adsorben. Karbon aktif merupakan adsorben yang paling umum digunakan untuk proses adsorpsi karena kapasitas adsorpsi yang tinggi (Kosim, dkk., 2022). Walaupun demikian, harga karbon aktif yang tersedia di pasar cukup mahal, sehingga banyak usaha penelitian dilakukan untuk mencari alternatif adsorben. Pada artikel ini dilakukan *review* artikel yang fokus menggunakan 3 bahan limbah rumah tangga, yaitu limbah ampas teh, cangkang telur, dan styrofoam.

Limbah ampas teh dapat digolongkan sebagai adsorben karbon. Sifat fisik ampas teh, seperti memiliki kapasitas permukaan yang luas dan kinetika adsorpsi yang cepat, menjadikannya sebagai pilihan yang ramah lingkungan dengan biaya produksi yang rendah dan bahan baku yang mudah diakses. Ampas teh adalah sisa organik yang dihasilkan dari daun teh setelah diseduh. Biasanya, ampas teh sering dibuang tanpa pengolahan lanjutan. Sekitar 90% dari ampas teh mengandung selulosa dengan persentase yang signifikan, yakni sekitar 33,54% dari berat keringnya. Penggunaan teh sebagai adsorben telah berhasil dilakukan dalam menyerap logam berat dalam air limbah dan hasil efisiensi adsorpsi logam Zn, Cd, Co, Pb, Cu, Fe, Mn, Ni, Cr, Hg, dan As adalah 68,68-100% (Wijaya, dkk., 2020).

Cangkang telur merupakan salah satu bahan penyerap yang potensial (Mulyati, 2018). Struktur cangkang telur ayam yang mempunyai pori-pori serta nutrisi kalsium karbonat tinggi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penanganan limbah cair yang baik (Li et al., 2021). Cangkang telur yang diaktivasi cangkang telur ayam sebagai adsorben dengan cara dibakar pada temperatur 600°C terjadi reaksi kalsinasi. Proses kalsinasi menyebabkan terjadinya perubahan komposisi dari kulit telur. Selain itu, juga menyebabkan perubahan morfologi dan struktur pori-pori dari kulit telur. Aktivasi cangkang telur ayam pada suhu 600oC memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan yang lain pada suhu 110oC dan 800oC sebesar 2700,978 m²/g dan telah sesuai dengan standar luas permukaan adsorben komersial yang ada (Nadeak, dkk., 2019). Penelitian sebelumnya mengenai cangkang telur ayam sudah sering diteliti untuk menangani limbah cair diantaranya cangkang telur efektif untuk menurunkan kadar COD (Purwaningsih, dkk., 2021).

Styrofoam merupakan sebuah material berbahan expanded polystyrene yang dapat menimbulkan bahaya karena zat yang terkandung di dalamnya yaitu benzene dan styrene. Limbah styrofoam dapat menyebabkan pencemaran di lingkungan karena bersifat nonbiodegradable. Limbah styrofoam akan sangat sulit terurai oleh proses biologi seperti penimbunan dan dapat mengurangi kapasitas tempat pembuangan akhir sampah. Cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah styrofoam seperti akumulasi dan pembakaran dianggap kurang optimal, sehingga diperlukan cara alternatif yang lebih efisien dan efektif. Salah satu strateginya adalah melalui modifikasi kimia untuk mengubah styrofoam menjadi material yang memiliki nilai tambah. Sejumlah usaha telah dilakukan untuk melakukan modifikasi kimia terhadap limbah styrofoam, termasuk di antaranya dengan menggunakan agen pengkhat. Hasil reaksi ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghapus logam berat dari larutan. Selain itu, styrofoam juga telah dimodifikasi sebagai bahan penyangga untuk adsorben silika gel yang digunakan untuk menghilangkan logam berat dari larutan. Styrofoam telah mengalami perubahan struktur untuk digunakan sebagai padatan pendukung silika gel yang berfungsi untuk menghilangkan logam berat dalam larutan (Leswana, dkk., 2021). Perubahan ini melibatkan proses sulfonasi dan nitrasi, menghasilkan permukaan yang memiliki muatan negatif yang dapat digunakan untuk menyerap logam berat.

METODE

Metode penulisan yang digunakan pada artikel ini adalah metode studi literatur dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan dalam jurnal maupun prosiding nasional. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian (Pilendia, 2020). Salah satu makna lain dari studi literatur adalah mencari teori-teori yang berkaitan dengan kasus atau permasalahan yang sedang diteliti. Referensi ini dapat ditemukan dalam berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel penelitian, dll. Hasil dari studi literatur ini adalah pengumpulan referensi yang relevan dengan perumusan masalah.

Hasil penelitian yang dikaji yaitu tentang pengolahan limbah ampas teh, cangkang telur, dan Styrofoam sebagai adsorben limbah *laundry*. Hasil studi akan disajikan dalam bentuk tabel yang memudahkan pembaca dalam mengetahui seberapa efisiensi penyerapan limbah dengan menggunakan ketiga bahan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari perolehan 8 jurnal, didapatkan sebanyak 3 jurnal yang berbahan utama ampas teh, 3 jurnal yang berbahan utama cangkang telur, dan 2 buah jurnal berbahan utama styrofoam. Keseluruhan hasil yang didapatkan, ditampilkan dalam tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Riview Riset Bahan Ampas The

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Yuli Nurmayanti, Detris Poba, Meida E. Marpaun (2022)	Adsorption of Fe(III) Ion in Tablets Fe Supplement by Black Tea Dregs ad its Application in Inorganic Chemistry Learning	Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki: (a) kemampuan Adsorpsi ion Fe(III) dalam suplemen Fe oleh ampas teh hitam (b) hasil analisis jumlah Fe(III) dalam sampel suplemen Fe ketika menggunakan ampas teh hitam. Hasil kemampuan adsorpsi ion Fe(III) dalam suplemen Fe oleh ampas teh adalah 70,4% dengan konsentrasi adsorpsi ion Fe(III) sebesar 7,07 mg/L.
2.	Selia Putri Ayu, Muhammad Taufik (2022)	Efektivitas <i>waste tea leaves (camellia sinensis)</i> sebagai bio adsorben penyerap logam fe dan pb di sungai musi palembang	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan ampas the sebagai bioadsorben dan mengetahui tingkat reduksi logam. Berdasarkan hasil pengujian, serapan Fe tertinggi yang dihasilkan dari adsorbe ampas teh sebesar 80,78% pada massa adsorben 0,75 gram dengan waktu kontak 15 menit, sedangkan serapan Pb tertinggi sebesar 93,75% massa adsorben 0,75 gram dengan waktu pembubutan 15 menit.
3.	Putri Firdauzi Ulwi, Mirna Apriani, dan Luqman Cahyono (2022)	Ukuran Partikel Adsorben Ampas Teh dan Waktu Operasional terhadap Penurunan Konsentrasi COD dan Fosfat Limbah Laundry	Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran partikel adsorben dan waktu operasional terhadap penurunan konsentrasi COD dan fosfat limbah cair laundry. Penelitian ini menunjukkan bahwa proses penurunan konsentrasi COD paling optimum pada ukuran adsorben 100 mesh dengan waktu 15 menit mampu meremoval sebesar 86,86%. Persen penurunan konsentrasi fosfat paling optimum pada ukuran adsorben 100 mesh dengan waktu30 menit mampu meremoval sebesar 70,71%.

Tabel 2. Hasil Review Riset Bahan Cangkang Telur

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Sandri Tandi Rapang, Shalaho Dina Devy, Windhu Nugroho, Harjuni Hasan, Revia Oktaviani, Tommy Trides (2022)	Penurunan kadar logam besi (fe) dan mangan (mn) pada air asam tambang menggunakan karbon aktif cangkang telur	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karbon aktif pada proses adsorpsi dan pengaruh massa karbon aktif cangkang telur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa massa karbon aktif berpengaruh terhadap penurunan kadar logam Fe dan Mn.
2.	Novita Sari Fasihah, Yeyen Maryani, Heri Heriyanto (2022)	Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Adsorbsi Cangkang Telur Ayam	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengolah limbah laundry dengan cara adsorpsi menggunakan limbah cangkang. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Siti Salamah, Ilham Mufandi, Arida Ayu Krismawati, Saniyah Humairrah (2023)	Kemampuan cangkang telur sebagai adsorben untuk meningkatkan baku mutu air limbah laundry (air deterjen)	ukuran adsorben yang optimal adalah 150 mesh, yang dapat menurunkan kadar BOD sebesar 80%, kadar LAS sebesar 38,85%, dan COD sebesar 67,34%. Fokus penelitian ini adalah menguji kemampuan adsorben yang diperoleh dari cangkang telur untuk meningkatkan mutu baku air limbah laundry (air deterjen). Hasil penelitian diketahui bahwa adsorben memiliki luas permukaan spesifik 11,037 m ² /g, diameter pori 6,550 nm dan volume pori 0,049 cc/g.
4.	Emilda Sari, Tika Asriyani, Raatih Indrawati (2020)	Perbedaan Kadar Po43- Pada Air Sebelum Dan Sesudah Penambahan Cangkang Telur Ayam	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan kadar PO ₄ pada air sebelum dan setelah penambahan cangkang telur ayam. Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu nilai sig p-0,715 atau p>0,05 pada tingkat kepercayaan 95% maka Ha ditolak.

Tabel 3. Hasil Riview Riset Bahan Styrofoam

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Mandrea Nora, Adyatma Bhagaskara, Virna Agustisari, Alice Lim, Hardian Ridho, Dwi Siswanta (2023)	Fabrication of Polystyrene Sulfonate-Chitosan (PSS-Chitosan) Membrane as Dodecyl Benzene Sulfonate (DBS) Adsorbent in Laundry Wastewater	Studi ini bertujuan untuk mensintesis, mengidentifikasi karakteristik, dan merumuskan efektivitas adsorpsi oleh membran PSS-khitosan. Pada tahap aplikasi, membran PSS-khitosan dapat menyerap DBS dalam air limbah cucian sebesar (62,4 ± 7,2) %.
2.	Nurillahi Febria Leswana, Dwi Siswanta, dan Adhitasari Suratman (2021)	Sintesis Membran Polielektrolit Komplek Polistirena Sulfonat-Kitosan dari Limbah Styrofoam Sebagai Adsorben Logam Cu(II) dan Ni(II)	Parameter kajian adsorpsi yang dipelajari dalam penelitian ini meliputi pH optimum, kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi, pengaruh kation lain secara selektifitas, dan penentuan mekanisme adsorpsi. Analisis logam Cu(II) dan Ni(II) sebelum dan sesudah proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa polistirena sulfonat (PSS) berhasil diperoleh dari reaksi sulfonasi limbah styrofoam yang ditunjukkan dengan spektra FTIR. Komposisi optimum membran PSS:kitosan untuk mengadsorpsi logam Cu(II) dan Ni(II) adalah perbandingan 60:40 dengan kestabilan, sifat fisik, dan kemampuan adsorpsi yang paling baik.

Pembahasan

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian yang fokus mengolah limbah cangkang telur, ampas teh dan styrofoam guna mengurangi masalah pencemaran air yang disebabkan limbah air deterjen dari usaha laundry mulai skala rumahan maupun komersial. Temuan yang dihasilkan memiliki efektifitas cukup tinggi dalam membantu mengurangi masalah pencemaran air namun

dari temuan ini memiliki kesempatan yang masih kecil untuk digunakan oleh seluruh usaha laundry karena dengan mendapatkan adsorben yang berasal dari limbah membutuhkan waktu dan usaha yang cukup sulit, dengan sebagian limbah cangkang telur, ampas teh dan styrofoam yang diolah hanya dapat menyerap limbah air deterjen sebagian kecil. Dalam temuan ini dapat mengurangi limbah dengan diolah menjadi adsorben yang dapat mengatasi masalah limbah air yang merusak tanah pada perkembangan tumbuhan dan berpengaruh pada pengairan air sumur masyarakat. Pada ketiga bahan yang digunakan sebagai adsorben yang paling efektif dalam menyerap kandungan pada limbah air deterjen yang dapat berakibat fatal pada biota air dan penggunaan air sumur adalah cangkang telur. Cangkang telur dinilai paling efektif karena kandungan dan struktur dari cangkang telur yang mendukung bahan tersebut untuk diolah menjadi karbon aktif dan adsorben yang dijadikan membran sebagai media penyerap kandungan limbah air deterjen sebelum dialirkan ke pembuangan air yang akan menuju selokan maupun sungai terdekat. Dengan penggunaan adsorben sangat membantu dalam meningkatkan kualitas air deterjen guna tidak merusak kualitas air tanah dan biota air. Pada pengolahan limbah yang digunakan sebagai bahan pokok sebagai adsorben juga dapat mengurangi sampah cangkang telur, ampas teh dan styrofoam yang selalu dihasilkan dari sampah rumah tangga maupun restoran. Dalam pengolahan limbah ini sangat bagus karena mengatasi limbah dengan limbah yang ada.

SIMPULAN

Penggunaan adsorben berkontribusi pada peningkatan kualitas air deterjen, mencegah kerusakan pada kualitas air tanah, dan melindungi biota air. Selain itu, pengolahan limbah menggunakan bahan limbah ampas teh, cangkang telur, dan styrofoam ini juga membantu mengurangi jumlah sampah cangkang telur, ampas teh, dan styrofoam yang dihasilkan dari rumah tangga dan komersil. Penggunaan limbah untuk mengatasi limbah adalah pendekatan yang baik untuk mengelola masalah pencemaran air. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa bahan yang paling efektif digunakan sebagai adsorben untuk limbah laundry adalah cangkang telur kemudian ampas teh. Dibuktikan dengan struktur cangkang telur ayam yang mempunyai pori-pori serta nutrisi kalsium karbonat tinggi dan sifat fisik ampas teh yang memiliki kapasitas permukaan yang luas dan kinetika adsorpsi yang cepat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada berbagai pihak yang telah berperan dalam penelitian ini. Kami berterima kasih kepada semua anggota tim penelitian yang telah berkontribusi dengan semangat dan kerja keras mereka. Kami menghargai dukungan finansial yang diberikan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya yang telah memungkinkan kami untuk menjalankan penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya atas akses kepada fasilitas dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini. Semua kontribusi dan dukungan dari pihak-pihak ini telah berperan penting dalam kesuksesan penelitian ini, dan kami sangat berterima kasih atas semuanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Luigi, C., & Lorenza, T., (2015). Pengaruh ketinggian unggun zeolit serta suhu aktivasi zeolit terhadap penurunan kandungan fosfat dalam air limbah laundry sintetik. *Jurnal Teknik Kimia No.1, Vol. 21* : Universitas Sriwijaya.
- Ayu, S. P., & Taufik, M. (2021). Efektivitas Waste Tea Leaves (*Camellia Sinensis*) Sebagai Bio Adsorben Penyerap Logam Fe dan Pb di Sungai Musi Palembang. *KINETIKA*, 12(1), 60-65.
- Fernianti, D., dan Suryati, L. (2017). *Terhadap Proses Penyerapan Surfaktan dalam Ampas Teh*, 2(2), 10-14.
- Kosim, M. E., Siskayanti, R., Prambudi, D., & Rusanti, W. D. (2022). Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Karbon Aktif Komersil Terhadap Logam Tembaga Dalam Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Redoks*, 7(1), 36-47.
- Leswana, N. F., Siswanta, D., & Suratman, A. (2021). Synthesis Polyelectrolyte Complex Membrane Polystyrene Sulfonate-Chitosan from Styrofoam Waste as The Adsorbent for Cu (II) and Ni (II) Metal. *Jurnal Farmasi Etam (JFE)*, 1(1), 10-25.
- Li, H., Li, Y., Yan, F., & Yin, X. (2021). Adsorption of nitrogen and phosphorous in water by eggshell modified with FeCl₂. *E 3S Web of Conferences* 249, 03081, 3-6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124503081>.
- Mulyati, B. (2018). CHEESA: Chemical Engineering Research Articles. *Chem. Eng. Res. Artic*, 1(1), 21-25.
- 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.
- Nadeak, S., Hasibuan, J. M., Naibaho, L. W., & Sinaga, M. S. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben pada Pemurnian Gliserol dengan Metode Asidifikasi dan Adsorpsi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(1), 25- 31.
- Nora, M., Bhagaskara, A., Agustisari, V., Lim, A., Alfalah, H. R., & Siswanta, D. (2023). Fabrication of Polystyrene Sulfonate-Chitosan (PSS-Chitosan) Membrane as Dodecyl Benzene Sulfonate (DBS) Adsorbent in Laundry Wastewater. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 26(1), 19-27.
- Nurmayanti, Y., Poba, D., & Marpaung, M. E. (2022). Adsorption of Fe (III) Ion in Tablets Fe Supplement by Black Tea Dregs and its Application in Inorganic Chemistry Learning. *Jurnal Akademika Kimia*, 11(3), 197-201.
- Pilendia, D. (2020). Pemanfaatan adobe flash sebagai dasar pengembangan bahan ajar fisika : studi literatur. *Jurnal Tunas Pendidikan*, 2(2), 1-10. <https://doi.org/10.52060/pgsd.v2i2.255>
- Pratiwi, I. Y. (2023). Pengolahan Limbah Batik Menggunakan Gabungan Proses Adsorpsi Karbon Aktif dan Biokoagulasi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) dan Biji Durian (*Durio Zibethinus*) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Purwaningsih, D. Y., Wulandari, I. A., & Aditya, A. W. (2021, March). Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Biosorben untuk Penurunan COD pada Limbah Cair Pabrik Batik. *In Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 1, No. 1, pp. 507-512).
- Rapang, S. T., Devy, S. D., Nugroho, W., Hasan, H., Oktaviani, R., & Trides, Tommy. (2022). Penurunan kadar logam besi (fe) dan mangan (mn) pada air asam tambang menggunakan karbon aktif cangkang telur. *Jurnal Chemurgy*, 6(2), 58-64.
- 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.
- Saputro, H. D., & Dwiprigitaningtias, I. (2022). Penanganan pada Limbah Infeksius (Sampah Medis) Akibat Covid 19 untuk Kelestarian Lingkungan Hidup. *Jurnal Dialektika Hukum*, 4(1), 1-18.
- Sari, E., Asriyani, T., & Indrawati, R. (2020). Perbedaan Kadar PO₄-Pada Air Sebelum dan Setelah Penambahan Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 3(2), 30-33.

- Ulwi, P. F., Apriani, M., & Cahyono, L. (2022). Ukuran Partikel Adsorben Ampas Teh dan Waktu Operasional terhadap Penurunan Konsentrasi COD dan Fosfat Limbah Laundry. *In Conference Proceeding on Waste Treatment Technology* (Vol. 5, No. 1).
- Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17-23.
- Wijaya, I. K., Yulia, Y. F., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun Teh Sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Limbah (Review). *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(2), 25-33.

