

Evaluasi Efisiensi Adsorpsi *Chemical Oxygen Demand* dan Fosfat Pada Limbah *Laundry* Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Gina Fitrianingsih^{1*}, Wilma Nurrul Adzillah¹, Kania Ratnawati¹

¹*Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang 41361, Jawa Barat, Indonesia*

^{*}*E-mail: ginafitrianingsih00@gmail.com*

Abstrak

Limbah laundry mengandung senyawa Chemical Oxygen Demand (COD) dan fosfat dari deterjen yang berpotensi mencemari lingkungan, memicu eutrofikasi, serta menurunkan konsentrasi oksigen terlarut di perairan. Salah satu metode alami yang efektif untuk mengurangi pencemaran tersebut adalah melalui penggunaan adsorben berbasis tempurung kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dalam menurunkan konsentrasi COD dan fosfat pada limbah laundry, menganalisis karakteristik adsorben, serta mengkaji efisiensi proses adsorpsi dengan variasi waktu kontak. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental. Parameter yang diuji meliputi COD dan fosfat. Variabel penelitian mencakup konsentrasi adsorben 9 g/mL dengan variasi waktu kontak 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan COD tertinggi dicapai pada waktu kontak 120 menit sebesar 82%, sedangkan efisiensi penurunan fosfat tertinggi pada waktu kontak yang sama sebesar 97.2%. Dengan demikian, karbon aktif tempurung kelapa efektif digunakan sebagai adsorben alami dalam mengurangi kadar pencemar pada limbah laundry secara signifikan.

Kata kunci: *Adsorpsi, biochar, limbah laundry, media adsorpsi, waktu kontak*

PENDAHULUAN

Usaha *laundry* saat ini terus meningkat bersamaan dengan meningkatnya kesibukan di masyarakat. Penyebab maraknya usaha *laundry* yaitu kesibukan akan aktifitas sehari-hari yang seringkali menyita banyak waktu, sehingga pekerjaan yang awalnya bisa ditangani sendiri seringkali terpaksa harus diserahkan kepada penyedia jasa layanan. Peningkatan jumlah usaha *laundry* berkontribusi terhadap meningkatnya pencemaran air limbah yang berpotensi menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan (Pratiwi & Prasetya, 2020). Proses pencucian pakaian yang dilakukan dalam skala besar menghasilkan air limbah yang mengandung berbagai zat kimia seperti deterjen, fosfat, dan senyawa organik lainnya. Kandungan bahan-bahan kimia tersebut, dapat berdampak negatif pada lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan yang memadai (Widyaningsih, 2023). Limbah laundry yang

dihasilkan oleh deterjen mengandung bahan–bahan aktif yang berbahaya bagi kesehatan mahluk hidup dan dapat merusak lingkungan (Linda & Purnomosutji, 2021). Deterjen yang digunakan saat ini sebagian besar menggunakan *linier alkyl sulfonat* (LAS) yang merupakan anionik surfaktan yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air. Kandungan surfaktan dalam air limbah juga akan mempengaruhi nilai dari limbah tersebut, apabila kandungan surfaktan dalam air limbah tinggi maka nilai *chemical oxygen demand* (COD) pada limbah tersebut juga semakin tinggi karena senyawa organik yang terkandung dalam limbah tersebut juga tinggi (Alizzudin, dkk., 2024).

Deterjen umumnya mengandung fosfat dalam kadar tinggi yang berasal dari senyawa *sodium tripolyphosphate* (STPP), senyawa ini berfungsi sebagai *builder*, yaitu komponen penting setelah surfaktan, karena kemampuannya mengikat ion kalsium dan magnesium penyebab kesadahan dalam air (Zubayr, 2022). Pembuangan limbah *laundry* secara langsung ke badan air dapat menimbulkan dampak negatif, seperti eutrofikasi, penurunan drastis kadar oksigen terlarut, degradasi kehidupan biota air, serta potensi risiko terhadap kesehatan manusia apabila air tersebut digunakan secara langsung untuk konsumsi atau aktivitas sehari-hari (Rivai, dkk., 2022). COD yang tinggi menunjukkan adanya senyawa organik dalam jumlah besar yang memerlukan oksigen untuk terdegradasi. Jika limbah dengan COD tinggi dibuang langsung ke lingkungan, maka akan mengurangi oksigen terlarut dalam air dan berdampak pada kehidupan biota air (Pagoray, dkk., 2021). Berdasarkan dampak negatif yang ditimbulkan, diperlukan penelitian untuk mengkaji efektivitas metode pengolahan yang mampu menurunkan konsentrasi fosfat dan COD dalam limbah *laundry*. Pengolahan limbah cair idealnya tidak hanya efisien dan ekonomis, tetapi juga tidak menghasilkan pencemar baru yang dapat membahayakan lingkungan (Simbolon, 2021). Sistem pengolahan yang baik harus mampu secara signifikan mengurangi kandungan zat pencemar di dalam air limbah agar aman bagi lingkungan.

Pengolahan limbah cair *laundry* yang mengandung deterjen, surfaktan, serta senyawa organik dan anorganik lainnya memerlukan metode yang efektif dan ramah lingkungan (Eka, 2023). Salah satu teknik yang menjanjikan adalah adsorpsi menggunakan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa sebagai adsorben alternatif. Tempurung kelapa memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, serta kandungan karbon yang cukup besar, sehingga mampu menyerap zat pencemar dari limbah cair secara efisien. Adsorpsi ini bekerja melalui interaksi fisik dan kimia antara kontaminan dan permukaan karbon aktif, sehingga dapat menurunkan kadar COD, BOD, serta sisa surfaktan dalam limbah *laundry*. Penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai adsorben tidak hanya meningkatkan efisiensi pengolahan, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah biomassa secara berkelanjutan (Karlina, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa limbah cair dari aktivitas *laundry*, yang diambil secara langsung tanpa proses pengenceran dari salah satu unit usaha laundry di Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang. Limbah tersebut merepresentasikan kondisi aktual air buangan dari proses pencucian. Sebagai media adsorben, penelitian ini menggunakan karbon aktif sebagai adsorben yang berbahan dasar tempurung kelapa yang telah diproses melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi untuk meningkatkan efisiensi penyerapan.

Proses adsorpsi dilakukan menggunakan pengadukan magnetic stirrer dengan volume limbah 400 mL, pada kecepatan tetap 400 rpm. Dosis adsorben yang digunakan sebesar 9 g/L, dan variasi waktu kontak ditetapkan selama 60, 75, 90, 105, dan 120 menit guna melihat pengaruh durasi terhadap proses penyisihan. Analisis parameter COD dan fosfat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri dengan mengacu pada standar SNI 6989-73:2019 untuk COD dan SNI 06-6989-31:2021 untuk fosfat, guna memastikan akurasi dan reliabilitas hasil yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik COD dan Fosfat Pada Limbah *Laundry*

Karbon dan sampel limbah seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Sampel limbah diambil di salah satu usaha *laundry* di Kelurahan Paeurjaya, Kecamatan Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang pada bulan April 2025. Sampel diambil langsung dari saluran buangan mesin cuci dengan menggunakan metode sampling secara composite, dengan pengambilan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 WIB. Selama proses pengambilan, dilakukan pula pencatatan kondisi lingkungan, dimana suhu rata rata air limbah 28,20°C, dan debit rata-rata aliran limbah sebesar 0.66 l/menit. Sampel air limbah yang diambil dari tiga waktu tersebut dicampurkan dan diaduk hingga homogen. Sampel yang sudah dihomogenkan akan diuji sebelum dan sesudah diolah menggunakan proses adsorpsi dengan karbon aktif sebagai adsorben. Pada proses pengadukan menggunakan variasi waktu kontak selama 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penyisihan konsentrasi *chemical oxygen demand* (COD) dan fosfat pada limbah *laundry* pada waktu tertentu.



Gambar 1. Morfologi karbon aktif tempurung kelapa (a) dan limbah *laundry* sebagai sampel (b).

Karakteristik awal menunjukkan bahwa konsentrasi COD dan fosfat pada limbah *laundry* sebelum dilakukan proses adsorpsi, tergolong tinggi melebihi baku mutu air limbah industri yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri. Nilai konsentrasi awal ini mengindikasikan bahwa limbah memiliki beban pencemar organik dan nutrisi yang cukup signifikan, sehingga diperlukan upaya pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan konsentrasi tersebut hingga mendekati atau memenuhi baku mutu lingkungan (Kencana & Radityaningrum, 2022). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Konsentrasi COD dan Fosfat

Parameter Kimia	Nilai	Baku Mutu
COD (mg/L)	353.60	150
Fosfat (mg/L)	22.04	5
pH	9.07	6-9

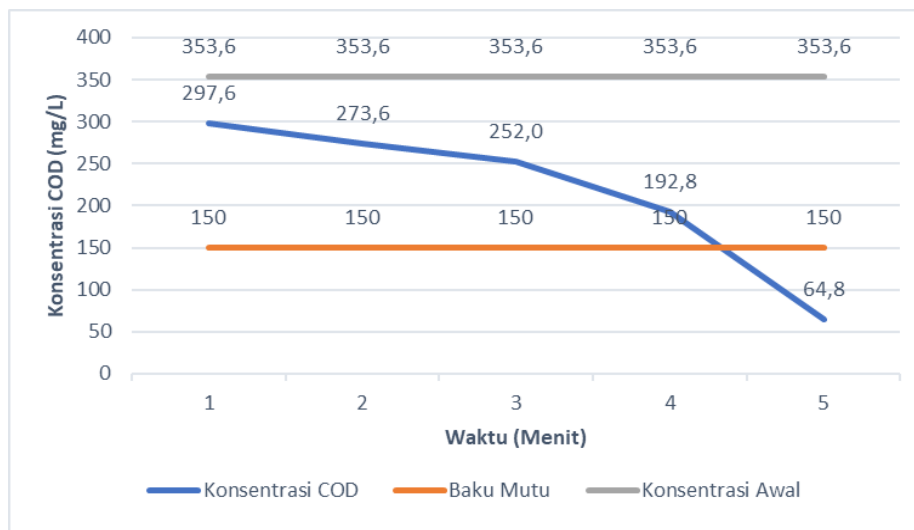
Berdasarkan hasil pengujian kualitas air limbah *laundry* sebelum diolah, secara visual air limbah tersebut tampak keruh. Konsentrasi COD dan fosfat pada limbah *laundry* sebelum perlakuan masing-masing sebesar 353.60 mg/L, dan 22.04 mg/L, sedangkan nilai batas yang diperbolehkan adalah 150 mg/L untuk COD dan 5 mg/L untuk fosfat. Tingginya konsentrasi COD pada limbah *laundry* menunjukkan adanya kandungan zat organik yang mudah diuraikan dan yang sukar diuraikan secara biologi sangat tinggi, tingginya konsentrasi zat organik yang berasal dari berbagai bahan pencemar yang digunakan

dalam proses pencucian (Prihatin & Sugiharto, 2021). Bahan-bahan ini meliputi deterjen sintetis, pewangi, dan pelembut pakaian yang umumnya mengandung surfaktan, terutama jenis anionik seperti *linear alkylbenzene sulfonate* (LAS). LAS bersifat tahan terhadap degradasi biologis dan berkontribusi signifikan terhadap peningkatan beban COD (Raiqa, 2022). Selain itu, adanya kotoran dari pakaian seperti minyak, lemak, sisa makanan, dan senyawa organik lainnya turut menambah total kebutuhan oksigen kimia. COD yang tinggi mencerminkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik dalam limbah secara kimiawi, sehingga menunjukkan potensi pencemaran yang besar terhadap lingkungan apabila limbah tersebut dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu (Fitria & Sutrisno, 2023).

Konsentrasi fosfat yang tinggi pada air limbah *laundry* umumnya berasal dari penggunaan deterjen sintetis yang mengandung senyawa fosfat, seperti *sodium tripolyphosphate* (STPP). Senyawa ini berfungsi sebagai builder atau pengikat ion kalsium dan magnesium dalam air untuk meningkatkan efisiensi pencucian (Fitria & Sutrisno, 2023). Fosfat tersebut tidak sepenuhnya terdegradasi selama proses pencucian sehingga terbuang bersama air limbah. Selain itu, penggunaan bahan tambahan lain seperti pelembut dan pewangi pakaian juga dapat berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi fosfat. Fosfat dalam limbah *laundry* bersifat sangat larut dalam air dan dapat meningkatkan kadar nutrisi dalam badan air penerima yang berpotensi menyebabkan eutrofikasi, yaitu pertumbuhan berlebih alga dan tanaman air yang mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Mufliha, 2023).

Hasil Penyisihan Konsentrasi COD Setelah Pengolahan Menggunakan Karbon Aktif

Pengujian efektivitas karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben dalam menurunkan kadar COD dan fosfat pada limbah *laundry* ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah waktu kontak antara adsorben dan air limbah. Pada penelitian ini dilakukan uji percobaan variabel waktu kontak untuk menilai apakah variasi waktu kontak 60, 75, 90, 105, dan 120 secara signifikan mempengaruhi konsentrasi COD dan fosfat dalam air limbah. Data yang dikaji meliputi konsentrasi COD dan fosfat pada setiap waktu kontak, persentase penurunan, dan laju adsorpsi. Efektivitas penurunan konsentrasi COD pada masing-masing waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 2.

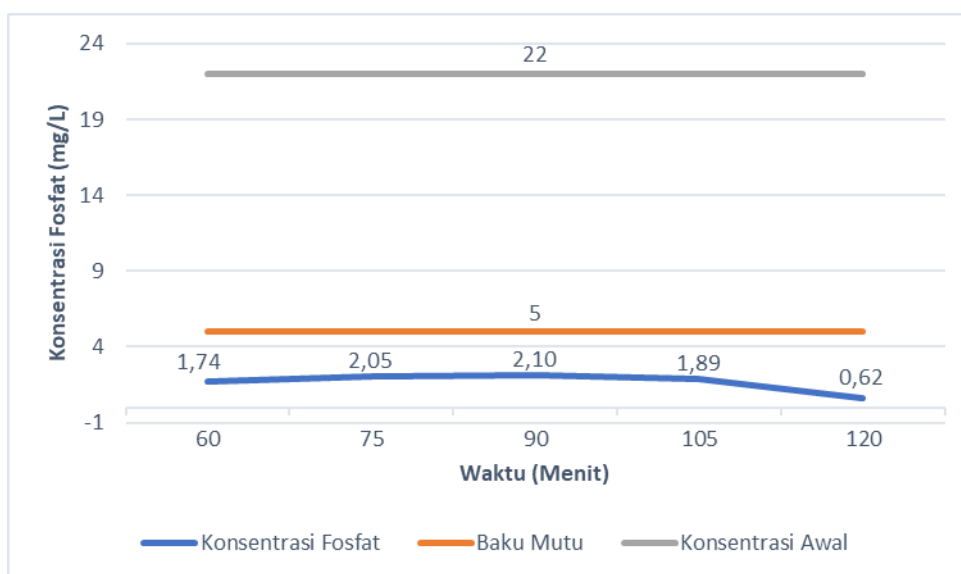


Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD.

Berdasarkan hasil uji yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak, efisiensi penurunan COD cenderung meningkat hingga mencapai titik optimum. Waktu kontak optimum pada penelitian ada pada menit ke-120 dengan presentase penurunan sebesar 82%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak, maka semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam proses penyerapan.

Hasil Penyisihan Konsentrasi Fosfat Setelah Pengolahan Menggunakan Karbon Aktif

Konsentrasi fosfat merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menunjukkan tingkat pencemaran nutrisi dalam suatu badan air. Fosfat sangat berpengaruh terhadap kualitas air karena keberadaannya yang berlebihan dapat memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga secara berlebihan yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan menurunkan kadar oksigen terlarut (Novian, 2025). Pada limbah cair *laundry*, fosfat umumnya berasal dari penggunaan detergen yang mengandung senyawa fosfat sebagai bahan pembersih (Rizky, 2022). Hasil analisis terhadap sampel air limbah *laundry* menunjukkan bahwa konsentrasi fosfat mengalami perubahan yang tidak konsisten selama proses adsorpsi dengan variasi waktu kontak 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. Fluktuasi konsentrasi fosfat dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kejenuhan gugus aktif pada permukaan karbon aktif yang dipengaruhi oleh waktu kontak, sehingga dapat menyebabkan desorpsi kembali fosfat ke dalam larutan (Ahdiaty, 2022). Oleh karena itu, efektivitas proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh waktu kontak, kapasitas adsorben, dan kondisi kimia limbah itu sendiri (Ultama, 2020). Efektivitas penurunan konsentrasi fosfat pada masing-masing waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Fosfat.

Berdasarkan hasil, grafik efektivitas menunjukkan setelah dilakukan pengolahan, konsentrasi fosfat pada waktu kontak selama 60 menit tercatat sebesar 1.72 mg/L. Penurunan ini menunjukkan bahwa pengadukan selama 60 menit karbon aktif mulai berfungsi sebagai adsorben yang efektif dalam mengurangi kandungan fosfat dalam larutan. Namun, pada pengadukan menit ke-75 dan 90 terjadi peningkatan konsentrasi fosfat menjadi 2.04 dan 2.09 mg/L. Fenomena ini disebabkan oleh adanya desorpsi atau pelepasan kembali fosfat yang sebelumnya teradsorpsi pada permukaan karbon aktif. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun pengadukan memiliki fungsi untuk homogenisasi dan mempercepat reaksi, tetapi juga dapat memengaruhi dinamika pelepasan dan penyerapan zat terlarut (Nada, dkk., 2025). Oleh karena itu, fluktuasi konsentrasi fosfat pada menit-menit pertengahan merupakan hal yang mungkin terjadi dan perlu diperhatikan dalam analisis efektivitas proses pengolahan. Namun, pada pengadukan menit ke-105 dan 120 menit konsentrasi fosfat mengalami penurunan kembali menjadi 1.88 dan 0.61 mg/L.

KESIMPULAN

Penggunaan karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben efektif dalam menurunkan konsentrasi COD dan fosfat pada limbah *laundry* secara signifikan. Penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada waktu kontak selama 120 menit. Konsentrasi awal COD sebesar 353.6 mg/L berhasil diturunkan menjadi 64.4 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 82%. Konsentrasi awal fosfat sebesar 22.04 mg/L menurun menjadi 0.62 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 97.2%. Hasil ini mengindikasikan bahwa karbon aktif yang diperoleh dari tempurung kelapa merupakan adsorben yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah *laundry*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiaty, R., 2022. *Adsorpsi Anion dalam Air dengan Nanokomposit Magnetik Fe₃O₄*. Tesis. Program Studi Magister Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Alizzudin, F. J., Hamzah, Z. M., Maulidya, S. A., Rahayu, P. W., Rahmaputri, R. A., dan Satriawan, D., 2024. *Kemampuan Elektroda Aluminium dan Tembaga Dalam Menurunkan Polutan Pada Limbah Cair Batik*. In Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov). 10(1): 380-389.
- Eka, S., 2023. *Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kelapa dalam Mengadsorpsi Limbah Cair Laundry*. Disertasi. UIN Raden Intan Lampung.
- Fitria, K. A., dan Sutrisno, J., 2023. *Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat (PO₄-P) Limbah Laundry Menggunakan EM4 dan Mikroalga Spirulina sp.* Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan. 15(1): 31-44.
- Karlina, E., 2022. *Desain Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Media Kolom Adsorpsi*. Disertasi. Politeknik Negeri Lampung.
- Kencana, E.M., dan Radityaningrum, A.D., 2022. *Kombinasi Filtrasi dan Fitoremediasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Batik*. Dampak. 19(2): 56-65.
- Linda, N.L., dan Purnomosutji, D. P. P., 2021. *Laporan Penelitian Toxic*. Fakultas Teknik, Universitas Sahid. Jakarta
- Mufliha, V., 2023. *Pengaruh Variasi Biokoagulan Kitosan Limbah Sisik Ikan Mujair (Oreochromis mossambicus) Dalam Penurunan Polutan Pada Limbah Pencucian Kendaraan*. Disertasi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Aceh.
- Nada, I. M., Wiratama, I. G. N. M., Kenedy, F. V., dan Wijaya, I. M. W. 2025. *Analisis Pengaruh Penambahan Massa Biochar Pada Adsorpsi Ion Fosfat (Po₄³⁻) Dalam Air Limbah Sintetis*. Jurnal Ecocentrism. 5(1): 11-20.
- Novian, R., 2025. *Pencemaran Perairan Sungai Bengkulu Akibat Nitrat dan Fosfat Dari Aktivitas Pertanian: Studi Literatur*. Integrative Perspectives of Social and Science Journal. 2: 3805-3814.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., dan Fitriyani, F., 2021. *Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan*. Jurnal Pertanian Terpadu. 9(1): 53-65.
- Pratiwi, E., dan Prasetya, A. T., 2020. *Optimasi Metode Analisis Kadar Surfaktan Anion Menggunakan Methylen Blue Active Substances dengan Spektrofotometer Ultraviolet Visible*. Indonesian Journal of Chemical Science. 9(2): 125-130.
- Prihatin, S., dan Sugiharto, A., 2021. *Pengaruh Variasi Dosis Kapur Terhadap Penurunan Kadar COD dan Fosfat Pada Limbah Usaha Laundry*. Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA). 4(2): 58-63.
- Raiqa, S., 2022. *Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Pasangan Elektroda Aluminium dan Besi*. Disertasi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Aceh.

- Rivai, V., Wulandari, C. D. R., dan Setyobudiarso, H., 2022. *Efektivitas Metode Aerasi Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah RPS Laundry Kota Malang*. Jurnal Mahasiswa" ENVIRO". 1(2).
- Rizky, L. W., 2022. *Aktivasi Karbon Dari Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Industri Laundry*. Disertasi. Politeknik Negeri Lampung.
- Simbolon, A. M., 2021. *Sustainable Industry: Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ultama, A. V. P., 2020. *Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap Efektivitas Adsorpsi Kadar Fosfat (PO_4)*. Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Aceh.
- Widyaningsih, T., 2023. *Pengolahan Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Bahan Koagulan Tawas Menjadi Air Bersih Dengan Biaya Rendah*. Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, dan Inovasi. 3(6).
- Zubayr, M., 2022. *Penggunaan Sisa Tawas Dari Limbah PDAM Gowa Untuk Mereduksi Kandungan Fosfat Limbah*. Skripsi. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.