

*Artikel Penelitian*

Evaluasi Adsorben Sabut Kelapa untuk Pemisah Minyak dan Lemak pada Air Limbah Domestik

Kinanti Puspa^{a,}, Rosdiana Rosdiana^a, Aryani Adami^b*

^a Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 10 Kendari – Sulawesi Tenggara,
Indonesia.

^b Program Studi Teknologi Elektro Medis, Universitas Mandala Waluya, Jl. Jend. AH. Nasution, Kota Kendari 93561 – Sulawesi Tenggara, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 19 April 2024

Revisi Akhir: 1 Mei 2024

Diterbitkan Online: 30 Juni 2024

KATA KUNCI

Adsorpsi; Adsorben; Sabut Kelapa; Air Limbah Domestik; Minyak dan Lemak

KORESPONDENSI

Telepon: +62 822 5976 2073

E-mail: KinantiPuspa01@gmail.com

ABSTRACT

Oils and fats, which act as the main components in food, are often found in domestic wastewater and are difficult for bacteria to break down, so they have the potential to disrupt aquatic ecosystems. Adsorption with natural fiber-based materials, such as coconut fiber, is a common approach for removing oil and grease from household wastewater. The aim of this research is to analyze the effectiveness of coconut fiber as an adsorbent in separating oil and fat in domestic wastewater. The research began with taking samples of domestic wastewater from a restaurant in Kendari City, followed by making an adsorption tool and preparing coconut fiber adsorbent and ending with adsorption testing. The research found fluctuations in the oil and fat content of restaurant wastewater before and after the adsorption procedure. Adsorption was carried out using adsorbent media 30 cm thick with contact times of 60, 80 and 100 minutes. The decrease in the effectiveness of contact time of 60 minutes, 80 minutes, and 100 minutes was 20.12%, 7.59%, and 10.68% respectively. According to the research results, coconut fiber is not effective as an adsorption medium for absorbing oil and fat in domestic wastewater. It is recommended to carry out further research by carrying out pretreatment of the coconut fiber adsorbent first so that the adsorption process can reach optimum conditions.

1. PENDAHULUAN

Salah satu dampak meningkatnya aktivitas manusia adalah tercemarnya air di dalam tanah akibat penumpukan bahan-bahan pencemar yang melebihi kapasitas alam (Nina Herlina, 2017). Pencemaran signifikan tersebut muncul dari kegiatan sehari-hari yang memproduksi limbah domestik. Awalnya, limbah tersebut tidak menjadi masalah karena volume dan komposisinya rendah, dan dapat dibuang dengan aman ke lingkungan yang mampu mengaturnya. Di sisi lain, lingkungan mungkin akan lebih sulit mengatasi peningkatan kuantitas dan jenis limbah cair rumah tangga akibat meningkatnya populasi dan semakin beratnya aktivitas rumah tangga. Akibatnya, hal ini dapat menimbulkan tantangan bagi manusia dan lingkungan akibat permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah cair domestik (Artiyani & Firmansyah, 2016).

Menurut Zoraya Zahra & Fitri Purwanti (2015), air limbah domestik saat ini menjadi penyebab utama pencemaran air, yaitu sebesar 60-70% dari total pencemaran air. Operasional restoran

merupakan kontributor utama air limbah domestik. Seiring bertambahnya jumlah restoran, volume limbah cair yang dihasilkan juga meningkat, dan hal ini sangat memprihatinkan. Di Kendari, pada tahun 2019, tercatat 314 rumah makan atau restoran secara resmi menurut data BPS.

Sumber utama air limbah pada restoran atau jasa katering sejenisnya adalah air dari pembersih peralatan makan, air limbah domestik, dan sisa makanan seperti lemak, beras, sayuran, dan bahan organik lainnya yang mungkin mengandung fosfor dan zat organik (Warisaura & Setyaningrum, 2018). Minyak dan lemak, yang merupakan komponen utama makanan, sering kali terdapat dalam air limbah rumah tangga dan sulit diuraikan oleh bakteri. Ketika minyak dan lemak larut di air, mereka menghasilkan emulsi, mengambang di permukaan air yang menghalangi sinar matahari dan oksigen masuk ke air. Pendekatan ini berpotensi mencemari perairan (Abuzar et al., 2012). Polusi minyak dari limbah rumah tangga merupakan masalah serius yang mempengaruhi kehidupan manusia dan lingkungan. Pemerintah berupaya mengendalikan pencemaran lingkungan dengan menerapkan undang-undang yang

menetapkan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Peraturan ini menetapkan konsentrasi minyak dan lemak maksimum 5 mg/l dalam air limbah rumah domestik.

Data yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa diperlukan penyelidikan lebih lanjut mengenai penyebab dan solusi potensial terhadap kontaminasi minyak dan lemak dari limbah restoran. Salah satu metode yang umum digunakan adalah proses adsorpsi, di mana komponen fase cair dipindahkan ke permukaan zat padat sebagai penyerap. Proses adsorpsi memiliki sejumlah keunggulan, seperti kesederhanaan, efektivitas, dan efisiensi yang tinggi, kemampuan untuk diregenerasi, biaya yang relatif rendah, serta minim risiko efek samping berupa zat beracun (Nainggolan et al., 2019).

Salah satu pendekatan sederhana yang berpotensi untuk pengembangan adalah penggunaan bahan adsorpsi minyak dan lemak yang berbasis serat alam, khususnya sabut kelapa. Serat alam seperti sabut kelapa lebih diunggulkan karena kekuatan, ketersediaan melimpah, ringan, tidak beracun, dan ramah lingkungan. Kelapa (*Cocos nucifera*) menarik perhatian karena serat kelapanya dapat dijadikan media penyaring berkat sifat-sifatnya yang menguntungkan dalam menangani material dalam air limbah. Sabut kelapa, dengan kandungan natural cellulose seperti selulosa, lignin, dan semiselulosa memiliki struktur berpori yang cocok sebagai media adsorpsi (Puspita et al., 2021).

Penelitian sebelumnya oleh Hajimi et al pada tahun 2020 berfokus pada khasiat sabut kelapa sebagai penyaring minyak dan lemak. Penelitian ini mengamati tiga periode waktu yang berbeda dengan menggunakan media filter ketebalan 20 cm. Penelitian menemukan bahwa dalam waktu 30 menit, sabut kelapa mampu menurunkan kadar minyak dan lemak sebesar 65,67%. Pengurangan kadar minyak mencapai 56,31% di menit ke 60. Namun, pada menit 120, terjadi kejemuhan karena peneliti tidak melakukan pergantian media sabut kelapa yang digunakan, dan penelitian dilakukan menggunakan grease trap.

Meskipun penelitian sebelumnya telah memberikan gambaran potensi sabut kelapa sebagai adsorben, tetapi diperlukan evaluasi mendalam untuk memahami kemampuannya sebagai adsorben secara menyeluruh. Evaluasi mencakup efektivitas proses adsorpsi dan potensi regenerasi untuk penggunaan berulang. Penelitian ini bertujuan untuk berkontribusi pada penawaran solusi ramah lingkungan untuk mengatasi pencemaran minyak pada air limbah domestik dan membuka peluang pemanfaatan sabut kelapa sebagai material adsorben di lapangan.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Contoh lokasi yang dipilih adalah rumah makan yang terletak di Jalan HEA Mokodompit, Kambu, Kecamatan Kambu, Kota Kendari (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)

2.2. Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

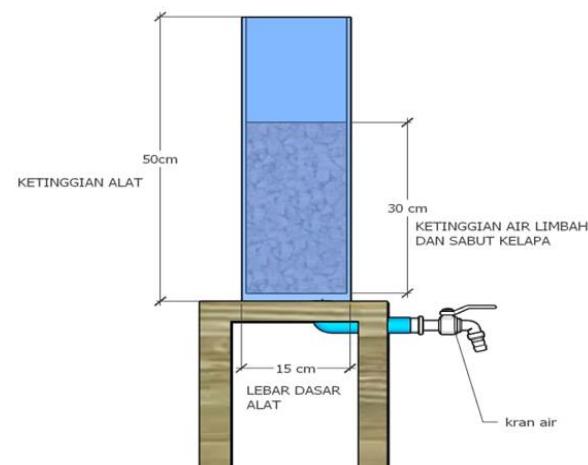
Pengambilan sampel dilakukan secara efisien dan pada lokasi tertentu sesuai peraturan (SNI.8990.2021) untuk pengumpulan air limbah. Pengambilan sampel dilakukan di ujung pipa limbah restoran menggunakan timba plastik yang memiliki tangki dan jerigen sebagai wadah air limbah domestik.

2.3 Persiapan Media Adsorben Sabut Kelapa

Adsorben sabut kelapa disiapkan dengan cara membersihkan sabut kelapa dari sisa-sisa gambut kelapa (*coco peat*) yang masih melekat di serat sabut kelapa. Setelah itu melakukan pengguntingan terhadap setiap helai serat sabut kelapa sepanjang 2 cm. Pengguntingan dilakukan untuk memudahkan saat menyusun media adsorben ke dalam alat adsorpsi. Kemudian melakukan pencucian dan pengeringan terhadap sabut kelapa.

2.4 Pembuatan Alat Untuk Proses Adsorpsi

Alat adsorpsi dirancang berbentuk kotak menggunakan kaca dengan ukuran 15 x 15 x 50 cm (Gambar 2). Di dasar kotak tersebut, terdapat lubang sebagai saluran keluar air limbah hasil adsorpsi. Lubang ini terhubung dengan pipa PVC elbow berukuran $\frac{1}{2}$ inci dan pipa PVC sepanjang 10 cm berukuran $\frac{1}{2}$ inci yang dilengkapi dengan stop kran berukuran $\frac{1}{2}$ inci.



Gambar 2 Rancang Media Adsorpsi
(Sumber: Hasil Rancangan Penulis)

2.5 Eksperimen Adsorpsi

Kumpulkan alat dan bahan yang diperlukan. Masukkan media adsorben ke dalam alat adsorpsi dengan ketinggian 30 cm dan masukkan sampel air limbah domestik ke dalam media adsorpsi menggunakan timba plastik sesuai dengan ketinggian media adsorben. Tahan air limbah hingga 60 menit sebagai waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat. Setelah mencapai waktu 60 menit, maka alirkan air limbah dengan membuka kran pada dasar alat adsorpsi dan menampung sampel hasil adsorpsi ke dalam gelas beaker hingga mencapai 1 liter. Setelah itu masukkan sampel hasil adsorpsi ke dalam botol sampel. Lakukan hal yang sama untuk waktu tinggal 80 dan 100 menit.

2.6 Pengujian Kadar Minyak dan Lemak

Kadar minyak dan lemak akan diuji mengikuti teknik yang dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.10:2011 tentang Metode Pengujian Gravimetri Minyak Nabati dan Minyak Mineral. Teknik gravimetri yang dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.10-2011 untuk analisis minyak dan lemak adalah dengan mengekstraksi sampel menggunakan pelarut dan selanjutnya menghilangkan sisa pelarut untuk mengisolasi minyak dan lemak dalam keadaan padat. Temuan analitis akan diperoleh dengan mengidentifikasi berat sampel secara akurat dan membaginya dengan berat asli sampel untuk memperkirakan kandungan minyak dan lemak.

2.7 Perhitungan efektivitas pengurangan kadar minyak dan lemak pada air limbah

Persamaan untuk menentukan efektivitas proses adsorpsi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

E : Efektivitas penyisihan (%)

C_{in} : Kadar minyak dan lemak pada larutan sebelum perlakuan (mg/L)

C_{out} : Kadar minyak dan lemak pada larutan setelah perlakuan (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sampel air limbah domestik diambil dari rumah makan dengan menerapkan prosedur pendekatan sampling yang tertera dalam SNI.8990.2021. Contoh lokasi yang dipilih adalah rumah makan yang terletak di Jalan HEA Mokodompit, Kambu, Kecamatan Kambu, Kota Kendari. Pengambilan sampel dari rumah makan ini dilakukan karena aktivitas operasionalnya yang berlangsung setiap hari dan menarik banyak pengunjung, sehingga menghasilkan limbah secara kontinu yang bisa meningkatkan risiko pencemaran jika dibuang langsung ke badan air. Selain itu, saluran pembuangan limbah rumah makan ini berada di samping rumah makan yang terletak di tepi jalan raya dan berdekatan dengan permukiman warga, hal tersebut menyebabkan aroma yang tidak enak. Sampel yang telah diambil akan dibawa ke UPTD Laboratorium Lingkungan

Hidup Provinsi Sulawesi Tenggara untuk diuji parameter minyak dan lemak.

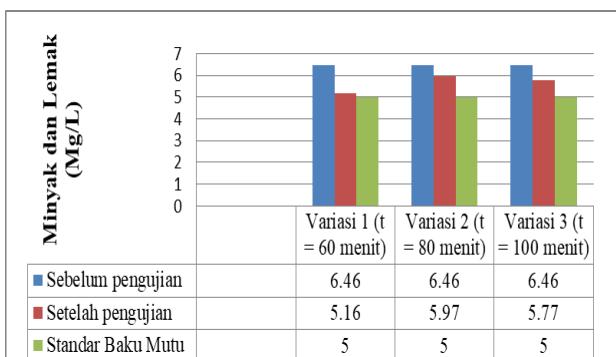
Segi penampakan visual, terdapat lapisan minyak dan lemak yang cukup tebal pada saluran pembuangan air limbah restoran. Pencemaran tersebut disebabkan oleh aktivitas cuci piring, sisa makanan, dan proses pengolahan makanan di rumah makan tersebut. Jika pencemaran limbah minyak dan lemak ini tidak ditangani secara efektif dan terus-menerus dibiarkan, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

3.2 Analisis Hasil Pengujian Adsorpsi Minyak dan Lemak Pada Air Limbah Domestik

Penggunaan media adsorben ketebalan 30 cm dan teknik adsorpsi sabut kelapa menunjukkan bahwa jumlah minyak dan lemak pada air limbah berkurang. Pada menit ke-60 proses penyerapan dimulai. Prosesnya dimulai dengan pemisahan adsorbat dari larutan dan menempel pada permukaan adsorben. Hasilnya adalah penurunan kadar minyak dan lemak dalam air limbah sebesar 5,16 mg/L. Pada waktu kontak 80 menit, terdapat 5,97 mg/L lebih banyak minyak dan lemak. Peningkatan kadar minyak dan lemak pada air limbah disebabkan oleh proses desorpsi, dimana partikel dikeluarkan dari permukaan yang teradsorpsi. Fenomena desorpsi disebabkan karena adsorpsi terjadi secara fisika. Adsorpsi fisika adalah proses penyerapan zat-zat tertentu oleh permukaan suatu benda, seperti padatan, melalui interaksi yang lemah.

Contohnya, molekul-molekul yang terjerap ini dapat terikat ke permukaan benda melalui ikatan van der Waals. Ikatan yang lemah antara molekul yang teradsorpsi dan permukaan padat menjadi ciri adsorpsi fisika, sehingga zat yang diadsorpsi mudah dilepaskan. Proses ini juga sangat reversible, yang artinya zat yang telah diadsorpsi dapat dengan mudah dilepaskan kembali (Astuti, 2018). Dan ketika waktu kontak mencapai 100 menit terjadi kembali penurunan kadar minyak sebesar 5,77 mg/L. Menurut Fajrianti et al (2016) fenomena desorpsi dapat terjadi hanya pada beberapa bagian permukaan adsorben sehingga adsorben yang belum mengalami desorpsi akan kembali melakukan proses adsorpsi. Dimana pada penelitian ini dengan waktu kontak 100 menit telah memberikan kesempatan bagi adsorben yang belum mengalami desorpsi untuk kembali menyerap minyak dan lemak yang ditandai dengan penurunan kembali kadar minyak dan lemak.

Proses pengujian adsorpsi menghasilkan penurunan kandungan minyak dan lemak pada air limbah domestik. Hal ini disebabkan adanya interaksi antara adsorben dengan air limbah yang dipengaruhi oleh ketebalan media adsorben sabut kelapa. Namun berdasarkan Peraturan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan menetapkan batasan kandungan minyak dan lemak sebesar 5 mg/L dalam temuan pengujian.



Gambar 3. Grafik Pengukuran Kadar Minyak Dan Lemak

3.3 Analisis Efektivitas Proses Adsorpsi Minyak dan Lemak Pada Air Limbah Domestik

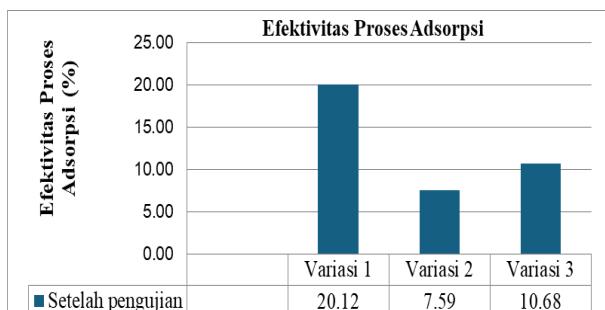
Berdasarkan Gambar 4, waktu kontak 60 menit yang paling efektif untuk menurunkan kadar minyak dan lemak pada air limbah rumah tangga dengan menggunakan media adsorben sabut kelapa adalah sebesar 20,12%. Setelah itu, efektivitas turun menjadi 7,59% setelah kontak 80 menit, sebelum naik menjadi 10,68 % setelah kontak 100 menit. Temuan tes ini secara signifikan lebih rendah dibandingkan temuan Hajimi et al (2020) yang menemukan bahwa adsorben berbahan sabut kelapa efektif menghilangkan minyak dan lemak sebesar 65%. Beberapa hal yang mempengaruhi efektivitas proses adsorpsi pada penelitian ini yaitu:

1. Ukuran partikel adsorben yang cukup besar. Efisiensi adsorpsi meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran partikel adsorben (Sera et al 2019). Hal ini disebabkan karena partikel adsorben yang lebih kecil menghasilkan kapasitas penyerapan yang lebih besar. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan jumlah minyak dan lemak yang berikatan pada permukaan teradsorpsi sehingga menyebabkan proses adsorpsi menjadi lebih maksimal.
2. Tumpukan media adsorben yang masih kurang padat. Keadaan ini menyebabkan banyak rongga-rongga kosong tanpa adanya media adsorben. Hal ini menyebabkan proses kontak antara air limbah domestik dengan media adsorben tidak terjadi secara maksimal.
3. Proses pengeringan adsorben yang kurang baik menyebabkan kondisi adsorben kurang kering. Ini karena pemanasan adsorben pada suhu tertentu dapat meningkatkan luas permukaan dan porositasnya, sehingga meningkatkan kemampuan penyerapannya.
4. Kadar minyak dan lemak dalam sampel air limbah domestik yang masih relatif rendah, meskipun telah melewati baku mutu air limbah domestik, menyebabkan penurunan efisiensi penyerapan oleh adsorben sabut kelapa. Penelitian oleh Shalahuddin (2021) menyimpulkan bahwa tingkat viskositas merupakan atribut penting dari adsorbat (minyak dan lemak) yang mempengaruhi tingkat penyerapan. Viskositas minyak dalam sampel penelitian ini tidak diukur secara kuantitatif, namun diperkirakan berdasarkan pengamatan langsung saat peneliti mengambil sampel limbah domestik. Diketahui bahwa lapisan minyak yang terbentuk tipis dan transparan, yang menunjukkan bahwa kadar minyak dan lemak dalam sampel air limbah domestik rendah, sehingga viskositasnya juga rendah.

Tingkat viskositas yang rendah mengurangi kemampuan adsorben untuk menarik dan menyimpan sampel limbah minyak dan lemak, sehingga mengurangi efektivitas penyerapan.

5. Efisiensi penyerapan minyak dan lemak yang rendah juga terkait dengan sifat adsorben yang memengaruhi selektivitas adsorpsi. Menurut Shalahuddin (2021), ketika selektivitas adsorpsi tidak optimal, situs pengikatan pada permukaan adsorben akan menarik sejumlah molekul air, yang mengurangi ketersediaan situs pengikatan untuk molekul minyak dan lemak. Akibatnya, efektivitas penyerapan minyak dan lemak menurun. Ini bisa terjadi karena sebelum melakukan pengujian adsorpsi, peneliti mengalirkan air bersih ke dalam media adsorpsi untuk membersihkan sabut kelapa yang mungkin terbawa dan mengapung ketika kran di bagian dasar media adsorpsi dibuka. Meskipun sebelum pengujian adsorpsi peneliti sudah mencuci media adsorben sabut kelapa.
6. Dalam penelitian ini, tidak ada tindakan aktivasi yang dilakukan terhadap adsorben sabut kelapa, yang juga dapat memengaruhi tingkat efektivitas penyerapannya. Menurut studi yang dilakukan oleh Alfaini & Sa'diyah (2023), untuk meningkatkan kemampuan penyerapan biosorben, diperlukan *pretreatment* dengan mengaktivasi biosorben terlebih dahulu. Setelah direndam selama 24 jam dalam larutan NaOH 1 N, biosorben dicuci dengan air suling hingga pH netral, dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam sebagai bagian dari prosedur aktivasi. Hasilnya menunjukkan bahwa biosorben yang diaktivasi dengan larutan NaOH 1 N memiliki tingkat penyerapan yang lebih baik, mencapai 96,57%, dibandingkan dengan aktivasi fisik atau tanpa aktivasi.
7. Terjadinya proses penjenuhan pada media adsorben sabut kelapa . Hal ini sejalan dengan temuan Hajimi et al (2020), yang menunjukkan bahwa kandungan minyak dan lemak dalam sampel meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan karena jumlah minyak dan lemak yang menempel atau tertampung oleh media adsorben sabut kelapa semakin berkurang seiring bertambahnya waktu kontak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sabut kelapa kurang efektif menyerap minyak dan lemak dari limbah cair seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Agar proses adsorpsi mencapai kondisi yang optimum perlu dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu antara lain dengan mengaktivasi sabut kelapa dan melewatkannya limbah domestik ke dalam *grease trap* terlebih dahulu sebelum dialirkan ke dalam media adsorben sabut kelapa. Hal ini dilakukan untuk memisahkan minyak dan lemak secara alami terlebih dahulu. Selain itu perlu dilakukan analisis laboratorium terhadap hasil adsorpsi secara berulang-ulang dengan minimal 3 kali analisis agar ketepatan pengujian adsorpsi dapat ditingkatkan, sehingga hasil yang didapatkan lebih terpercaya dan bisa diandalkan.



Gambar 3. Grafik Pengukuran Efektivitas Proses Adsorpsi

4. KESIMPULAN

Temuan penelitian menunjukkan bahwa sabut kelapa kurang efektif dalam memisahkan minyak dan lemak dalam limbah rumah tangga. Namun adsorben sabut kelapa paling efektif menurunkan kadar minyak dan lemak pada air limbah domestik sebesar 20,12% pada lama kontak 60 menit dan tinggi media adsorben 30 cm.

3 UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis mengucapkan terimakasih juga kepada rumah makan yang sudah mengijinkan penulis dalam pengambilan sampel air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S., Afrianita, R., & Notrilauvia, N. (2012). Penyisihan Minyak Dan Lemak Limbah Cair Hotel Menggunakan Serbuk Kulit Jagung. *9(1)*, 13–25.
- Alfaini, A. D. W., & Sa'diyah, K. (2023). Pengaruh Jenis Biosorben Terhadap Kualitas Limbah Cair Domestik Pusat Perbelanjaan Di Dinoyo Malang. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, *9(3)*, 225–239. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i3.3745>
- Artiyani, A., & Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow dengan Media Pasir Zeolit dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Jurnal Industri Inovatif*, *6(1)*, 8–15.
- Astuti, W. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. In Unnes Press.
- Fajrianti, H. (Hana), Oktiawan, W. (Wiharyanto), & Wardhana, I. W. (Irawan). (2016). Pengaruh Waktu Perendaman dalam Aktivator Naoh dan Debit Aliran terhadap Penurunan Krom Total (Cr) dan Seng (Zn) pada Limbah Cair Industri Elektroplating dengan Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *5(1)*, 1–9. <https://www.neliti.com/publications/191112/>
- Hajimi, H., Salbiah, S., & Susilawati, S. (2020). Penggunaan Serat Kelapa untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, *17(2)*, 81–86. <https://doi.org/10.31964/jkl.v17i2.220>
- Nainggolan, A. A., Arbaningrum, R., Nadesya, A., Harliyanti, D. J., & Syaddad, M. A. (2019). Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi. *Widyakala Journal*, *6*, 12. <https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i0.187>
- Nina Herlina. (2017). Permasalahan Lingkungan Hidup Dan Penegakan Hukum Lingkungan Di Indonesia. *Unigal.Ac.Id*, *3(2)*, 1–16.
- Puspita, R. D., Maryani, Y., & Kosimaningrum3, W. E. (2021). Pengolahan Limbah Domestik dengan Kombinasi Metode Filtrasi Arang Aktif-Sabut Kelapa dan Adsorpsi Biji Kelor. Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumian SATU BUMI, *3(1)*, 147–156. <https://doi.org/10.31315/psb.v3i1.6245>
- Sera, R., Lesmana, D., & Maharani, A. (2019). The Influence Of Temperature and Contact Time On Waste Cooking Oil's Adsorption Using Bagasse Adsorbent. *Inovasi Pembangunan : Jurnal Kelitbangen*, *7(2)*, 181. <https://doi.org/10.35450/jip.v7i2.131>
- Shalahuddin, F. (2021). Reduksi cemaran limbah minyak dan lemak di pelabuhan ppi kamal muara menggunakan variasi ukuran dan massa limbah rambut manusia. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Warisaura, A. D., & Setyaningrum, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Dengan Sistem Kombinasi Presipitasi-Aerobic Biofilter. *Jurnal Teknologi Technoscientia*.
- Zoraya Zahra, L., & Fitri Purwanti, I. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik Its*, *4(1)*, D35–D38.