

Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu

Effectivity Study of Palm Shell Activated Charcoal Utilization (*Elaeis guineensis*) as Adsorbent for Reducing Ammonia Concentration in Tofu Liquid Waste

Erda Rahmilaila Desfitri^{a*}, Aditya Yoga Arifanda^b, Amro Yulianti^b, Pasyimi^b, Reni Desmiarti^b

^aTeknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Universitas Bung Hatta, Gunung Panguilun, Padang 25143, Indonesia

^b Teknik Kimia, Universitas Bung Hatta, Gunung Panguilun, Padang 25143, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 13 Oktober 2023
Diterima dalam revisi 16 November 2023
Diterima 20 November 2023
Online 9 Desember 2023

ABSTRAK: Limbah cair tahu mengandung gas-gas yang terdekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan seperti gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Penelitian sebelumnya menemukan bahwa kandungan amonia pada limbah cair tahu berkisar antara 21,4 mg/L hingga 33,5 mg/L. Angka ini sangatlah tinggi jika dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan oleh pemerintah yaitu sebesar 8 mg/L. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh amonia yang berasal dari limbah cair tahu dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit. Pengurangan kadar amonia ini dilakukan dengan metode adsorpsi, sedangkan metode analisis kadar amonia menggunakan spektrofotometri. Arang aktif cangkang kelapa sawit diaktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 . Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 30, 60, 90 dan 120 menit, sedangkan variasi massa adsorben adalah 2, 4, 6 dan 8gram. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimal untuk proses adsorpsi amonia adalah 30 menit waktu kontak dengan 4gram jumlah arang aktif. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa arang aktif memenuhi standar kualitas dan cocok untuk mengurangi kadar amonia dalam limbah cair tahu. Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan untuk pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit untuk penurunan konsentrasi amonia pada limbah cair tahu.

Kata Kunci: limbah tahu; cangkang kelapa sawit; adsorpsi; amonia

ABSTRACT: Tofu liquid waste contains gases that are decomposed organic materials found in air waste such as nitrogen gas (N_2), oxygen (O_2), hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), carbon dioxide (CO_2), and methane (CH_4). In previous research, the ammonia concentration in tofu liquid waste was found very high, ranging from 21.4 mg/L to 33.5 mg/L. This figure is very high when compared to the standard set by the government, namely 8 mg/L. This research aims to reduce environmental pollution caused by ammonia originating from liquid tofu waste and optimize the utilization of palm oil shell waste. Reducing ammonia levels is carried out using the adsorption method. In this research, activated charcoal was activated using an H_2SO_4 solution. The research results showed that activated charcoal was effective in reducing ammonia levels in tofu liquid waste. The optimal conditions for the ammonia adsorption process are 30 minutes of contact time with 4 grams of activated charcoal. The characterization results show that activated charcoal meets quality standards and is suitable for reducing ammonia levels in tofu liquid waste. The results of this research can be applied to reduce the ammonia concentration in tofu liquid waste and utilization of palm shells.

Keywords: tofu waste; palm oil shell; adsorb; ammonia

1. Pendahuluan

Tahu merupakan makanan tradisional yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia karena memiliki banyak manfaat

dengan harga yang cukup terjangkau. Sejalan dengan banyaknya peminat tahu sebagai makanan, industri tahu skala rumah tangga juga semakin berkembang. Industri tahu skala rumah tangga jarang memiliki instalasi pengolahan air

* Corresponding Author: +62-81261040115
Email address: rahmilaila@bunghatta.com

limbah yang sesuai dengan standar lingkungan sehingga menimbulkan masalah lingkungan seperti penurunan kualitas perairan maupun masalah kesehatan bagi masyarakat.

Limbah cair tahu mengandung gas-gas yang terdekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan seperti gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Selain komponen gas, limbah cair tahu juga memiliki parameter-parameter seperti suhu, pH, COD, BOD, DO, dan TSS yang bisa menentukan kualitas limbah tersebut (Pagoray et al., 2021; Laksono Putro et al., 2021; Widayat et al., 2019).

Komposisi limbah cair tahu sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya. Khusus untuk kadar ammonia, ditemukan ada perbedaan di setiap industri. Pada penelitian sebelumnya ditemukan sejumlah 33,3025 mg/L ammonia (Maslinda & Sedionoto, 2022), 30,286 mg/L (Wulansari, 2017) dipenelitian lain dilakukan survei pedahuluan limbah cair tahu pada salah satu industri di Surabaya ditemukan kadar ammonia sebesar 21,4 mg/L (Solichah et al., 2018), sedangkan dipenelitian lain ditemukan 33,5 mg/L ammonia (Mulana et al., 2014). Padahal kadar ammonia yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang perubahan kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah menyatakan bahwa kadar ammonia maksimum yaitu 8 mg/L (KLHK, 2019).

Jika dilihat dari hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, terlihat jelas bahwa ammonia yang ada pada limbah cair sangat jauh dari standar yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Apabila kandungan ammonia melebihi standar dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi manusia seperti kerusakan pada ginjal, paru-paru, mereduksi pertumbuhan dan malfungsi otak serta penurunan nilai darah (Ersad & Lestari, 2021).

Melihat adanya perbedaan yang jauh antara komposisi ammonia pada limbah cair tahu yang ada dengan standar yang ditetapkan maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair tahu. Penelitian tentang pengolahan limbah cair tahu ini sudah dilakukan oleh berapa peneliti sebelumnya seperti memanfaatkan limbah padat sisa bahan bakar di boiler dengan penambahan karbon sebesar 1,5 gram sebagai adsorben yang diaktifkan dengan HCl 0,5 M dapat menurunkan kadar ammonia sebesar 92,57% (Wulansari, 2017). Peneliti lain memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben yang diaktifkan dengan HCl 0,1 M mampu menurunkan kadar ammonia hingga mencapai 84,6% (Solichah et al., 2018). Pemanfaatan tempurung kelapa yang digunakan sebagai adsorben juga sudah pernah diteliti dengan memvariasikan jenis aktivator seperti K_2CO_3 dan HCl. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa HCl memiliki hasil yang lebih baik sebagai aktivator arang karbon (Adha et al., 2021).

Di sisi lain, Indonesia memiliki industri pengolahan sawit yang semakin berkembang. Industri pengolahan

kelapa sawit menghasilkan *by-product* cangkang kelapa sawit. Selama ini pemanfaatan cangkang kepala sawit masih terbatas sebagai bahan bakar boiler, asap cair, briket dan tepung tempurung (Amulen et al., 2022). Berdasarkan hal tersebut, artikel ini membahas hasil penelitian pengurangan kadar ammonia (NH_3) dari limbah cair industri tahu dengan memanfaatkan arang aktif dari limbah padat industri kelapa sawit yaitu cangkang/tempurung kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*). Tujuan dari penelitian ini adalah mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair tahu khususnya ammonia dengan memanfaatkan limbah cangkang kepala sawit yang sudah diolah menjadi arang aktif. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengolah limbah cair tahu dan limbah padat kepala sawit menjadi sesuatu yang bernilai dan ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1. Sampel

Penelitian ini menganalisis limbah cair tahu yang berasal dari industri tahu yang berada di Jl. Merdeka Sapiro, Kec. Sapiro, Kabupaten Tapanuli Selatan. Sebagai adsorben digunakan cangkang kelapa sawit yang berasal dari PT. Muara Sawit Lestari, Jl. Lintas Barat Sumatera, Lunang Sel., Kec. Lunang, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Untuk aktivasi arang aktif digunakan H_2SO_4 .

2.2. Prosedur Pembuatan Adsorben Cangkang Kelapa Sawit

Proses pembuatan adsorben cangkang kelapa sawit diawali dengan pemotongan menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian dijemur hingga kering. Cangkang kelapa sawit yang telah kering diproses dengan metode karbonisasi menggunakan *furnace* dengan suhu $500^\circ C$ selama 2 (dua) jam hingga terbentuk arang cangkang kelapa sawit. Arang yang dihasilkan kemudian digrinding sampai halus sehingga diperoleh ukuran 60 mesh.

2.3. Aktivasi Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Aktivasi arang aktif cangkang kelapa sawit dilakukan dengan menambahkan larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 6% dan selama 24 jam. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pencucian dengan aquades sampai pH netral (pH 7) kemudian dikeringkan.

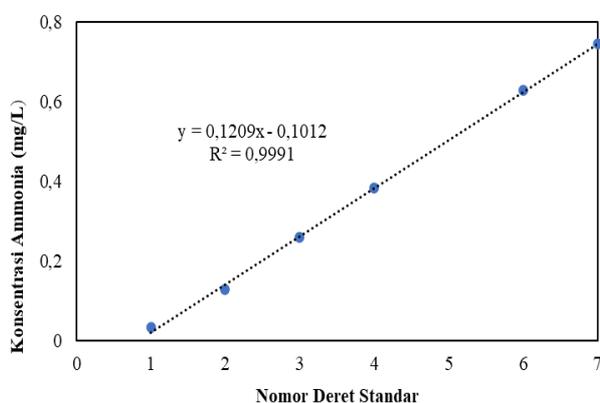
2.4. Proses Adsorpsi Ammonia Menggunakan Arang Aktif

Limbah cair tahu yang sudah diketahui konsentrasinya dipipet sebanyak 15 mL, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala yang sudah berisi masing-masing 2, 4, 6 dan 8 gram karbon aktif. Masing-masing campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90 dan 120 menit. Setelah pengontakan dipisahkan antara limbah cair tahu dengan karbon aktif menggunakan kertas saring jensi whatman berukuran $2,5 \mu m$. Limbah cair tahu yang sudah melewati proses adsorpsi dianalisis kadar ammonianya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.3. Analisis Kadar Ammonia

Penentuan Kadar Amonia dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer secara Fenat dengan panjang Gelombang 640 nm. Prinsip analisa yang diterapkan yaitu amonia bereaksi dengan hipoklorit dan fenol menggunakan katalis natrium nitroprusida ($C_5FeN_6Na_2O$) 0,5% sehingga membentuk senyawa biru indofenol. Untuk larutan pengoksidasi digunakan Natrium Hipoklorit ($NaClO$) 5% sebanyak 25 ml di campur dengan 100 ml larutan alkalin sitrat. Dari deret standar diperoleh kurva kalibrasi sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Standar Ammonia

Berdasarkan kurva kalibrasi standar diperoleh nilai R^2 (linieritas) sebesar 0,9991 dengan persamaan linier $y=0,1209x-0,1012$. Kurva kalibrasi ini bisa dilanjutkan untuk pengujian sampel, karena menurut SNI nilai R^2 yang memenuhi syarat adalah jika $\geq 0,995$ (Lusiana, 2012).

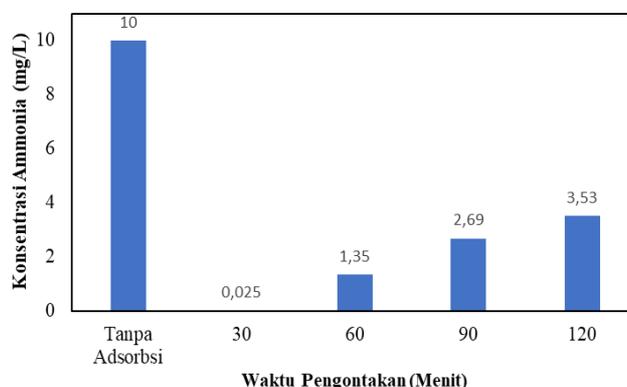
3.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Kadar Ammonia

Analisis kadar ammonia dilakukan sebelum dan sesudah proses adsorpsi menggunakan arang aktif dari cangkang kelapa sawit. Pengaruh waktu pengontakan selama adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.

Limbah cair tahu memiliki kadar ammonia senilai 10 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar ammonia melebihi standar yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Setelah dilakukan proses *adsorbs* menggunakan arang aktif dari cangkang kelapa sawit, konsentrasi ammonia menurun drastis hingga 0,025 mg/L. Ketika waktu pengontakan dinaikkan, kadar ammonia juga naik. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya dalam penelitian perbedaan waktu kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar ammonia pada limbah cair domestik. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa semakin lama waktu kontak penurunan konsentrasi ammonia semakin besar (Pradana et al., 2019). Hal ini bisa saja terjadi karena dipengaruhi oleh kemampuan material adsorben. Arang aktif

memiliki kemampuan untuk menarik dan menahan ammonia dari larutan. Ketika ammonia teradsorpsi ke permukaan arang aktif, kadar ammonia dalam larutan akan menurun.

Penyebab selanjutnya diakibatkan oleh kesetimbangan adsorbs. Proses adsorpsi mencapai kesetimbangan antara ammonia dalam larutan dan ammonia yang teradsorpsi di permukaan material adsorben. Jika material adsorben memiliki kapasitas adsorpsi yang cukup besar, maka kadar ammonia dalam larutan bisa meningkat jika ada peningkatan konsentrasi ammonia dalam larutan awalnya. Hal lain adalah proses desorpsi di mana ammonia yang teradsorpsi pada permukaan material adsorben dapat dilepaskan kembali ke dalam larutan. Jika ada perubahan kondisi yang mendorong desorpsi, maka kadar ammonia dalam larutan akan meningkat. Maka pada penelitian ini waktu yang optimum untuk proses adsorpsi ammonia adalah 30 menit.



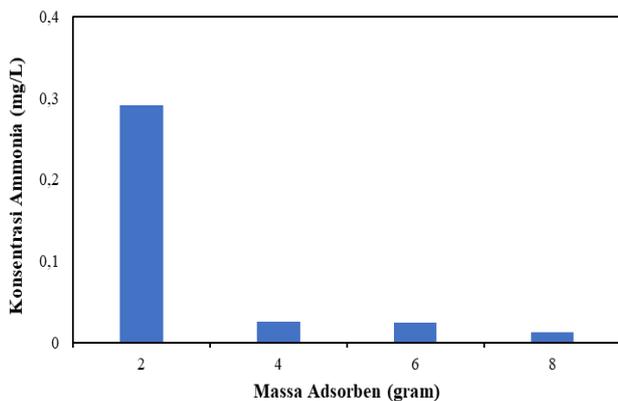
Gambar 2. Pengaruh Waktu Pengontakan Terhadap Konsentrasi Ammonia

3.3. Pengaruh Jumlah Adsorben Terhadap Konsentrasi Ammonia

Pengaruh jumlah adsorben terhadap konsentrasi ammonia dalam larutan sangat tergantung pada jenis adsorben yang digunakan, kapasitas adsorpsi adsorben, dan kondisi operasional lainnya. Pada penelitian ini jumlah adsorben divariasikan sejumlah 2, 4, 6 dan 8 gram. Pengaruh jumlah adsorben dari cangkang kelapa sawit terhadap kadar ammonia dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya jumlah adsorben dapat menurunkan kadar ammonia. Hal ini selaras dengan beberapa penelitian sebelumnya bahwa semakin meningkatnya jumlah adsorben maka kadar ammonia akan semakin menurun. Penelitian menggunakan fly ash dan ampas kopi sebagai adsorben ammonia juga menyatakan bahwa jumlah adsorben 2,5 gram lebih efektif dibandingkan dengan jumlah adsorben 0,5 gram (Septiani et al., 2021). Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah adsorben dapat meningkatkan laju proses adsorpsi. Ini berarti adsorpsi ammonia menjadi lebih efisien, dan konsentrasi dalam larutan akan menurun lebih

cepat. Selain itu, dengan peningkatan jumlah adsorben, distribusi ammonia dalam larutan dapat menjadi lebih merata di seluruh permukaan adsorben. Ini memungkinkan lebih banyak ammonia teradsorpsi, yang secara efektif mengurangi konsentrasi dalam larutan. Dengan peningkatan jumlah adsorben, pencapaian keseimbangan lebih cepat karena ada lebih banyak permukaan adsorben yang tersedia untuk menangkap ammonia. Hal ini akan mengurangi konsentrasi ammonia dalam larutan.



Gambar 3. Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Konsentrasi Ammonia

3.4. Karakterisasi Arang Aktif

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 Karbon Aktif yang baik memiliki kadar air maksimum 15% dan kadar abu maksimum 10%, setelah di lakukan uji karakteristik terhadap karbon aktif cangkang aktif didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Arang Aktif

No	Parameter	SNI	Hasil
1	Kadar Abu	10%	3,417 %
2	Kadar Air	15%	2,132 %

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa arang aktif yang terbuat dari cangkang kelapa sawit sudah sesuai dengan standar dari segi kadar abu dan kadar air. Kadar air tidak boleh lebih dari 15% karena kadar air yang tinggi dalam arang aktif dapat mengurangi kapasitas adsorpsi sebab ruang kosong di dalam struktur arang akan diisi oleh air, yang membuatnya kurang tersedia untuk menyerap polutan. Oleh karena itu, kadar air yang tinggi dapat mengurangi efisiensi adsorpsi. Sedangkan kadar abu yang tinggi dalam arang aktif dapat mengurangi kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorben. Partikel-partikel abu dalam arang aktif dapat menghalangi akses ke situs adsorpsi dan berkompetisi dengan polutan untuk pengikatan pada permukaan arang aktif.

3.5. Karakterisasi Limbah Cair Tahu

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi limbah cair tahu sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan arang aktif dari kelapa sawit. Proses adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 30 menit dan massa adsorben 8 gram. Kondisi ini

merupakan aplikasi dari hasil terbaik variasi waktu kontak dan jumlah adsorben. Hasil uji karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Limbah Cair Tahu

No	Parameter	Standar	Hasil	
			Sebelum kontak	Sesudah Kontak
1	Padatan tersuspensi (TSS)	50 mg/L	65 mg/L	48 mg/L
2	Warna	Kekuningan	Kuning Keruh	Jernih
3	pH	6-9	4	6
4	Amonia-nitrogen	8 mg/L	10 mg/L	4 mg/L
5	BOD	60 mg/L	1.895 mg/L	58 mg/L
6	COD	150 mg/L	8.148 mg/L	120 mg/L
7	Sulfida-H ₂ S	0,3 mg/L	0,027	-

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar TSS menurun dari 65mg/L menjadi 48mg/L. Total Suspended Solids (TSS) mengacu pada partikel padat yang terdistribusi di dalam larutan atau air dalam bentuk terdispersi. Hal ini berkaitan dengan warna limbah. TSS yang tinggi memiliki warna limbah keruh kekuningan sedangkan TSS yang rendah berwarna jernih. pH sesudah pengontakan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) dalam limbah adalah parameter penting dalam analisis kualitas limbah cair. BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi materi organik dalam limbah cair. Jika limbah mengandung kadar BOD yang tinggi, ketika limbah tersebut mencapai sungai, danau, atau perairan lainnya, mikroorganisme akan mulai mendekomposisi bahan organik. Proses ini membutuhkan oksigen dari air, yang dapat mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air. Hal ini dapat merugikan organisme akuatik, yang membutuhkan oksigen terlarut untuk bertahan hidup. Kadar BOD yang tinggi dalam limbah dapat merusak ekosistem perairan, menyebabkan kematian ikan dan organisme akuatik lainnya, dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah parameter penting dalam analisis kualitas limbah cair yang mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia yang ada dalam limbah cair. Kadar COD yang tinggi dalam limbah cair dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air jika limbah tersebut dibuang ke sungai, danau, atau perairan lainnya. Hal ini dapat berdampak negatif pada ekosistem air dan kehidupan akuatik.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan arang aktif dari limbah padat industri kelapa sawit merupakan salah satu metode yang efektif untuk

mengurangi konsentrasi ammonia dalam limbah cair tahu. Selain itu, jumlah arang aktif dan waktu kontak juga mempengaruhi efisiensi proses adsorpsi. Kondisi terbaik diperoleh pada waktu kontak 30 menit dengan massa adsorben 8gram. Hasil dari penelitian ini dapat diaplikasikan oleh pihak terkait untuk pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit untuk penurunan konsentrasi ammonia pada limbah cair tahu. Ini adalah langkah positif dalam menjaga kualitas lingkungan dan mematuhi peraturan lingkungan yang berlaku.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada LPPM Universitas Bung Hatta atas dibiayainya penelitian ini dengan “Dana Anggaran Pengembangan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bung Hatta, Program Peningkatan Penelitian, sesuai dengan Mata Anggaran Nomor: 705.1.001.02.001 dengan Lembar Kerja Nomor: 08.02.13.03.2023 tanggal 4 Januari 2023”.

Daftar Pustaka

- Adha, C. N., Istiqomah, U., Safitri, A. W., & Tardini, T. (2021). Adsorption of Ammonium Ion from Tofu Industrial Liquid Waste by Coconut Shell-Activated Carbon. *Indonesian Journal of Chemistry and Environment*, 2(2), 15–22. <https://doi.org/10.21831/ijce.v2i2.38190>.
- Amulen, J., Kasedde, H., Serugunda, J., & Lwanyaga, J. D. (2022). The potential of energy recovery from municipal solid waste in Kampala City, Uganda by incineration. *Energy Conversion and Management: X*, 14(September 2021), 100204. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100204>.
- Ersad, M., & Lestari, L. P. (2021). Pemanfaatan Arang Kulit Kopi Robusta Sebagai Adsorben Penurunan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Ma Chung*, 1(1), 21–29.
- KLHK. (2019). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Laksono Putro, P. G., Hadiyanto, H., & Amirudin. (2021). Water Quality Parameters of Tofu Wastewater: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1156(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1156/1/012018>.
- Lusiana, U. (2012). Penerapan Kurva Kalibrasi, Bagan Kendali Akurasi Dan Presisi Sebagai Pengendalian Mutu Internal Pada Pengujian COD Dalam Air Limbah (Application of Calibration Curve, Accuracy and Precision Chart as Internal Quality Control at COD Testing in Wastewater). *Jurnal Biopropal Industri*, 3(1), 1–8.
- Maslinda, M., & Sedionoto, B. (2022). Efektifitas Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica) Dalam Menurunkan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Pabrik Tahu Di Lok Bahu Samarinda. *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Pontianak*, 1, 1.
- Mulana, F., Alam, P. N., & Daimon, H. (2014). Wastewater characteristics from tofu processing facilities in Banda Aceh. *The Proceedings of The 4th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah)*, 22–25.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53–65. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.312>
- Pradana, A. A., Pujiono, P., Yulianto, B., & Ruhmawati, T. (2019). Perbedaan waktu kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair domestik. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 215.
- Septiani, M., Darajat, Z., Pasinda, I., & Kurniawan, D. (2021). Kajian Perbandingan Efektivitas Adsorben Ampas Kopi Dan Fly Ash Pada Penurunan Konsentrasi Amonia (NH₃) Dalam Limbah Cair Urea. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(2), 52–59. <https://doi.org/10.32487/jst.v7i2.1171>
- Solichah, A., . R., & Rokhmalia, F. (2018). Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar COD Dan Amonia (NH₃) (Studi Pada Limbah Cair Industri Tahu Dinoyo Kota Surabaya). *Gema Lingkungan Kesehatan*, 16(3). <https://doi.org/10.36568/kesling.v16i3.894>
- Widayat, W., Philia, J., & Wibisono, J. (2019). Liquid Waste Processing of Tofu Industry for Biomass Production as Raw Material Biodiesel Production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 248(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/248/1/012064>
- Wulansari, I. (2017). *Pemanfaatan Limbah Padat Sisa Pembakaran Boiler Untuk Penurunan Kadar Amonia Dalam Limbah Cair Industri Tahu*. Skripsi. Sarjana Teknik Kimia. Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta