



Penurunan Kadar Fe dengan Adsorben Arang Aktif dari Gambut Fibrik Teraktivasi NaCl

Crisensia Ekaristi Pontoh^{1*}, Rindy Mauliddina², Sitti Sahraeni³

Politeknik Negeri Samarinda, Indonesia

crisensiaekaristip@gmail.com

Abstrak:

Air sumur merupakan salah satu sumber air yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari, terutama di daerah pedesaan yang belum teraliri air bersih secara langsung. Air sumur atau air tanah umumnya terkandung zat pencemar salah satunya ion besi (Fe). Jika melebihi baku mutu dapat menyebabkan kekeruhan, korosi dan dapat mengganggu kesehatan. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah kandungan besi dalam air sumur adalah adsorpsi menggunakan arang aktif. Arang aktif pada penelitian ini berbahan dasar gambut fibrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum, kapasitas adsorpsi arang aktif dalam penjerapan besi (Fe) dan menentukan model adsorpsi isoterm yang tepat pada penelitian ini. Variasi yang digunakan yaitu waktu kontak 10, 20, 30, 40, dan 50 menit dengan arang aktif yang digunakan 5 gram, dikontakkan dengan sampel air sumur sebanyak 100 ml. Waktu kontak arang aktif dengan sampel air sumur optimum yang didapat dari penelitian ini ada pada waktu ke-50 menit dengan persentase adsorpsi 95.16% dan kapasitas adsorpsi 0,0881 mg Fe/gram arang aktif. Model adsorpsi isoterm yang sesuai pada penelitian ini adalah adsorpsi isoterm Langmuir dengan nilai koefisien determinan 0.969.

Kata Kunci: adsorpsi isoterm, arang aktif, gambut fibrik, penjerapan Fe, waktu kontak

Abstract:

Well water is a very important source of water for daily life, especially in rural areas that do not have direct access to clean water. Well water or ground water generally contains pollutants, one of which is iron ions (Fe). If it exceeds quality standards it can cause turbidity, corrosion and can be detrimental to health. One method that is widely used to overcome the problem of iron content in well water is adsorption using activated charcoal. The activated charcoal in this study was made from fibric peat. This research aims to determine the optimum contact time, adsorption capacity of activated charcoal in adsorbing iron (Fe) and determine the appropriate adsorption isotherm model in this research. The variations used were contact times of 10, 20, 30, 40, and 50 minutes with 5 grams of activated charcoal used, contacted with a 100 ml sample of well water. The optimum contact time of activated charcoal with well

water samples obtained from this research was 50 minutes with an adsorption percentage of 95.16% and an adsorption capacity of 0.0881 mg Fe/gram of activated charcoal. The adsorption isotherm model that was suitable for this research is the Langmuir adsorption isotherm with a determinant coefficient value of 0.969.

Keywords: *activated charcoal, adsorption isotherm, adsorption of Fe, contact time, fibric*

Pendahuluan

Air sumur merupakan salah satu sumber air yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari, terutama di daerah-daerah pedesaan yang belum teraliri air bersih secara langsung (Pasariibu et al., 2024). Namun, air sumur seringkali mengandung berbagai zat pencemar, termasuk zat besi (Fe), yang dapat berdampak negatif pada kualitas air dan kesehatan manusia. Air yang mengandung besi (Fe) sangat tidak diinginkan pada kebutuhan rumah tangga karena dapat menimbulkan bekas karat pada pakaian, porselin dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum (Pradana et al., 2018). Kandungan besi (Fe) pada air sumur bor bisa berkisar antara 5 – 7 mg/L (Tamjidillah & Nizar Ramadhan, 2023). Sedangkan standar kadar zat besi pada air bersih berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan No 2 Tahun 2023 maksimal 0,2 mg/L (Kemenkes, 2011).

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah kandungan besi dalam air sumur adalah dengan menggunakan arang aktif sebagai adsorben (Ramayani, 2022). Arang aktif atau yang sering disebut karbon aktif adalah arang yang dihasilkan dari proses pengaktifan dengan menggunakan bahan pengaktif sehingga memperluas permukaan arang dengan membuka pori-pori arang serta mempunyai kemampuan daya jerap (adsorpsi) yang baik (Sarah, 2018). Gambut merupakan bahan organik yang terbentuk dari penumpukan tanaman yang terdekomposisi di lahan basah dan tidak teroksidasi sepenuhnya sehingga memiliki kandungan organik yang tinggi dan sebagian besar terdiri dari pasir silikat. Tanah gambut memiliki kandungan karbon sebesar 18-60% dan tanah mineral sebesar 0,5-6% (Agus et al., 2011). Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2011 bahwa luas lahan gambut yang berada di Kalimantan Timur memiliki luas lahan 332.000 hektar (Alifya, 2024). Dengan demikian gambut memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan menjadi arang aktif.

Penggunaan karbon aktif dari gambut untuk pemurnian air sumur memiliki beberapa keunggulan. Pertama, gambut yang merupakan bahan lokal banyak tersedia di Samarinda, sehingga biaya produksi karbon aktif dapat ditekan. Kedua, karbon aktif dari gambut memiliki potensi untuk mengurangi kandungan zat besi dalam air sumur (Supriyati, 2023). Namun, meskipun potensi ini, penelitian mengenai penggunaan karbon aktif dari gambut untuk pemurnian air sumur masih terbatas dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Beberapa aspek yang perlu diteliti meliputi, waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai efisiensi pemurnian tertinggi, ukuran pori-pori yang optimal, pengaruh pH air terhadap kemampuan adsorpsi arang aktif, dan juga studi mengenai regenerasi arang aktif untuk penggunaan berkelanjutan (Purnomo, 2010).

Pada penelitian (Assaury et al., 2015) yaitu pembuatan arang aktif dari arang gambut hasil pirolisis katalitik dengan aktivasi menggunakan NaCl. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini berupa variasi konsentrasi aktivator NaCl sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa konsentrasi aktivator NaCl yang optimum yaitu konsentrasi 15% dengan karakteristik kadar air 4,71%, kadar abu 24,35%, volatile matter 5,20% dan daya serap I_2 774,14 mg/g (Yuniar et al., 2015).

Berdasarkan penelitian (Supriyati, 2023) akan dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai peningkatkan efektivitas penjerapan besi (Fe) pada air sumur dengan menggunakan arang aktif dari hasil pirolisis gambut sebagai adsorben. Pada hasil penelitian (Sahraeni & Ahnaf, 2023), diperoleh informasi jika arang aktif dari hasil pirolisis gambut pada suhu 500°C memiliki hasil terbaik dari rendemen produk cair dan produk padat. Berdasarkan dari penelitian (Supriyati, 2023), dapat disimpulkan bahwa arang aktif dari gambut fibrik efektif untuk menurunkan kadar Fe pada air Sumur. Variasi yang terbaik dilakukan ialah variasi waktu kontak yang dimana memperoleh hasil penjerapan yang lebih baik pada waktu 120 menit semakin bertambah waktu kontak maka semakin menurun efektivitas penjerapan Fe, penelitian ini menggunakan aktivator H_2SO_4 . Akan tetapi, aktivator yang digunakan dalam aktivasi arang aktif pada penelitian ini menggunakan aktivator NaCl. Berdasarkan penelitian (Assaury et al., 2015) bahwa arang aktif dengan aktivator NaCl memperoleh penjerapan I_2 774,14 mg/g dan telah memenuhi standar SNI.

Dengan demikian, pada penelitian ini melakukan pembuatan arang aktif melanjutkan penelitian dari (Supriyati, 2023) dengan mengganti aktivator menggunakan NaCl dan variasi waktu kontak adsorben diperkecil terhadap sampel air sumur dalam menurunkan kadar besi (Fe). Aktivator NaCl digunakan karena dapat membentuk pori-pori pada permukaan arang aktif karena sifat dari NaCl yang dapat menghilangkan zat pengotor pada permukaan arang aktif (Radika & Astuti, 2020). Selain itu, NaCl merupakan bahan yang aman dibanding dengan bahan kimia lainnya, mudah dicari dan harganya cukup terjangkau. Penelitian ini memvariasikan waktu kontak adsorpsi 10, 20, 30, 40 dan 50 menit sama seperti penelitian (Assaury et al., 2015).

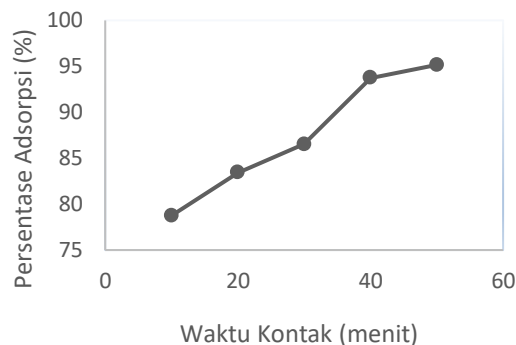
Metode

Pembuatan arang aktif ini menggunakan gambut fibrik sebagai bahan baku. Gambut fibrik ini diambil di Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Bahan-bahan lainnya yang digunakan meliputi NaCl 15% sebagai aktivator arang aktif. Kemudian air sumur bor yang digunakan diambil dari desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Alat-alat pendukung penelitian ini yaitu ayakan, kaca arloji, erlenmeyer, spatula, neraca digital, desikator, buret, pipet volume, pipet ukur, oven, gelas kimia, SSA, serta reaktor pirolisis. Variabel tetap yang dipilih pada penelitian ini adalah konsentrasi Fe air sumur 4,6259 mg/L, ukuran partikel arang aktif (-100+120) mesh, berat arang aktif 5 gram, dan volume sampel air sumur 100 ml. Sedangkan pemilihan variabel proses yang akan dipelajari pada penelitian ini dilakukan pada kondisi waktu adsorpsi: 10; 20; 30; 40; dan 50 menit. Kemudian dilakukan analisa kadar besi (Fe) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.

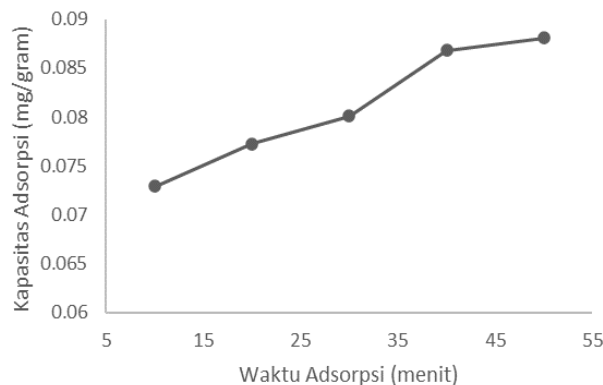
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh waktu kontak adsorben terhadap penurunan kadar Fe

Pada penentuan efektivitas adsorpsi arang aktif dari tanah gambut menggunakan variasi waktu kontak arang aktif dan sampel air dengan waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Untuk proses pengaplikasian penjerapan besi (Fe) dilakukan dengan menggunakan air sumur dengan kadar Fe 4,6259 mg/L sebanyak 100 ml tanpa pengadukan. Hasil tersebut ditampilkan pada gambar 4.1 yang menunjukkan perbandingan antara variasi waktu kontak arang aktif terhadap persentase adsorpsi.



Gambar 1. Hubungan Persentase Adsorpsi Dengan Waktu Kontak



Gambar 2. Hubungan Kapasitas Adsorpsi Dengan Waktu Kontak

Dari Gambar 4.1 ini dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi besi setelah dikontakkan dengan arang aktif dari gambut fibrik dengan variasi waktu kontak. Berdasarkan data yang disajikan dalam gambar 4.1 penurunan konsentrasi besi pada sampel air sumur tersebut berkisar antara 78,75 sampai 95,16 %. Semakin lama waktu kontak arang aktif dengan larutan sampel semakin banyak ion besi (Fe) yang dijerap.

Pada waktu kontak 10 sampai 40 menit terjadi kenaikan persentase adsorpsi secara signifikan, namun kenaikan persentase adsorpsi pada waktu kontak 40 sampai 50

relatif kecil. Hasil terbaik yaitu pada waktu kontak 50 menit dengan hasil akhir kadar besi (Fe) sebesar 0,224 mg/L. Hasil tersebut masih belum memenuhi standar pada Peraturan Kementerian Lingkungan No. 2 Tahun 2023 sebesar 0,2 mg/L. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas arang aktif yaitu daya jerap iod, yang mana pada penelitian ini daya jerap iod yang didapatkan 389,5 mg/g (min. 750 mg/g).

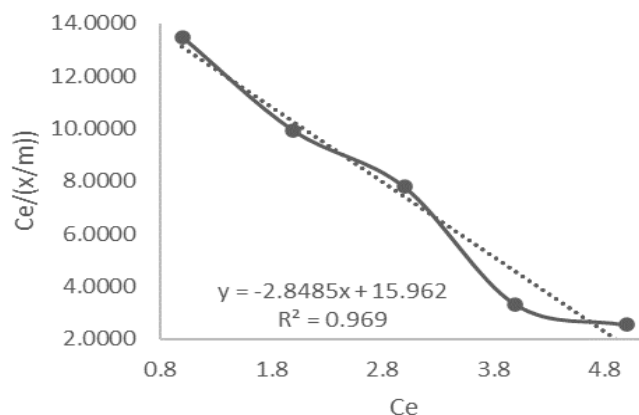
Kapasitas adsorpsi adalah salah satu parameter penentuan arang aktif yang baik. Waktu kontak mempengaruhi kapasitas adsorpsi karena waktu kontak merupakan faktor yang dapat merefleksikan kinetika suatu arang aktif dalam berinteraksi dengan adsorbat (Lin Safrianti et al., 2012).

Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh waktu kontak arang aktif terhadap kapasitas adsorpsinya. Semakin lama waktu adsorpsi, Fe yang dapat diserap semakin besar. Pada waktu kontak 10 sampai 40 menit awalnya, kecepatan meningkat secara linier. Mendekati waktu 50 menit, kecepatan adsorpsi mengalami kenaikan tidak signifikan namun belum mencapai titik kesetimbangannya. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam besi yang terikat di dalam pori-pori karbon aktif sampai waktu kontak yang diperlukan cukup untuk dapat mengadsorpsi secara optimal (Sulistyawati, 2008). Namun pada penelitian ini adsorben belum mencapai titik kesetimbangannya dan adsorpsinya belum optimal. Hal itu dikarenakan hasil dari daya jerap iod yang rendah memungkinkan adsorben membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai kesetimbangannya. Dari hasil variasi waktu kontak efisiensi dan kapasitas adsorpsi menunjukkan hasil yang sama, yaitu kapasitas adsorpsi meningkat seiring penambahan waktu. Kapasitas adsorpsi terbesar yaitu pada waktu 50 menit sebesar 0,0881 mg/g, artinya setiap 1 g arang aktif mampu mengadsorpsi 0,0881 mg ion besi (Fe) dengan efisiensi adsorpsi 95,16%.

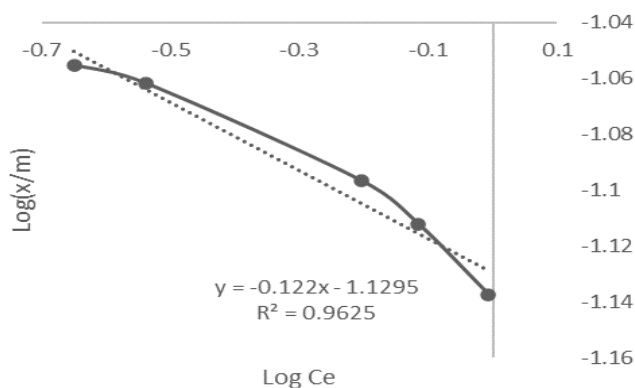
Penentuan Adsorpsi Isoterm

Kesetimbangan isoterm adalah alat hitung matematika untuk memahami dan mengkarakterisasi fenomena adsorpsi. Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Isoterm kesetimbangan adsorpsi sangat penting untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben. Pengujian model kesetimbangan dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan isoterm yang sesuai pada penelitian ini. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada harga koefisien determinan (R^2) dengan harga yang tinggi. Dalam penentuan isoterm adsorpsi didasarkan pada 2 persamaan yaitu isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Adsorpsi isoterm yang pertama adalah adsorpsi isoterm Langmuir. Isoterm Langmuir hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*), semua bagian dan permukaan bersifat homogeny (Duong, 1998). Perhitungan isoterm Langmuir dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara konsentrasi adsorbat (C_e) dengan konsentrasi adsorbat per kapasitas adsorpsi ($C_e/(x/m)$), sehingga diperoleh grafik isoterm Langmuir yang terdapat pada gambar 4.3. Pada grafik isoterm Langmuir dihasilkan persamaan garis $y = -2,8485x + 15,962$ dengan nilai (koefisien determinan R^2 sebesar 0,969 (mendekati angka 1). Tanda negatif dalam persamaan menunjukkan gradient kemiringan kurva ke kiri, dan untuk menentukan parameter isoterm langmuir, tetap mengambil angka positif. maka diperoleh kapasitas adsorpsi 0,3510 mg/g.



Gambar 3. Regresi Linier Langmuir



Gambar 4 Regresi Linier Freundlich

Selanjutnya yaitu adsorpsi isoterm Freundlich. Isoterm Freundlich mengasumsikan sistem adsorpsi di permukaan adsorben terdistribusi tidak merata pada adsorpsi multilayer dengan permukaan beragam. Pada gambar 4.4 didapatkan persamaan regresi linear untuk adsorpsi Freundlich dengan memplot nilai $\text{Log } C_e$ terhadap $\text{Log } (x/m)$. Pada grafik isoterm Langmuir dihasilkan persamaan garis $y = -0,122x - 1,1295$ dengan nilai koefisien determinan R^2 sebesar 0,969 (mendekati angka 1). Tanda negatif dalam persamaan menunjukkan gradient kemiringan kurva ke kiri, dan untuk menentukan parameter isoterm freundlich, tetap mengambil angka positif. Maka diperoleh kapasitas adsorpsi 0,0742 mg/g.

Penentuan penggunaan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi arang aktif gambut terhadap ion Fe dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1. Berdasarkan gambar 4.3 dan gambar 4.4, pendekatan isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich pada adsorben arang aktif memiliki nilai R^2 masing-masing 0,969 dan 0,9625. Dari perbandingan kedua tipe isoterm adsorpsi tersebut

linieritas isoterm adsorpsi tipe langmuir lebih mendekati nilai 1 dibandingkan dengan isoterm freundlich. Isoterm adsorpsi langmuir yang sesuai menunjukkan bahwa adsorpsi hanya terjadi dalam satu lapis (monolayer), molekul adsorbat tidak berinteraksi satu dengan yang lain, dan adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben yang homogen serta menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah secara kimia. Adsorpsi kimia berkaitan dengan pembentukan senyawa kimia yang melibatkan adsorben pada permukaan zat yang diserap. Oleh karena itu, isoterm tipe langmuir lebih baik digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi arang aktif gambut terhadap ion Fe. Namun pada penelitian ini data yang didapatkan belum sesuai karena waktu kontak adsorben belum mencapai kesetimbangan. Hal ini dapat menghasilkan pemodelan isoterm yang kurang akurat dan kurva isoterm yang tidak mencerminkan kapasitas adsorpsi sejati pada kondisi kesetimbangan.

Kesimpulan

Aplikasi penjerapan besi (Fe) pada sampel air sumur menggunakan arang aktif dari gambut fibrik teraktivasi NaCl 15% dapat menurunkan kadar besi (Fe) secara signifikan dengan waktu kontak optimum pada waktu ke-50 menit dengan persentase adsorpsi 95,16% serta kapasitas adsorpsi sebesar 0,0881 mg Fe/gram arang aktif. Serta Model kesetimbangan adsorpsi isoterm yang sesuai untuk melakukan adsorpsi Fe pada penelitian ini adalah adsorpsi isoterm langmuir dengan nilai koefisien determinan sebesar 0.969. Keterbaruan penelitian ini perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan daya jerap iod pada arang aktif.

Daftar Pustaka

- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyani, A. (2011). Pengukuran cadangan karbon tanah gambut. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Alifya, S. L. (2024). Politik Hukum Lingkungan Indonesia Terhadap Pelaksanaan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention On Climate Change 2015 (Studi: Pencemaran Udara oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Universitas Andalas.
- Assaury, G. D., Ahnaf, S. K., Arinanda, A. T., & Sahraeni, S. (2015). Pembuatan Arang Aktif Dari Gambut Hasil Pirolisis Katalitik Dengan Aktivator NaCl. METANA, 19(1), 29–34.
- Duong, D. Do. (1998). Adsorption analysis: equilibria and kinetics. (No Title).
- Kemenkes, R. I. (2011). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 269. MENKES/PER/VIII/2011 tentang Keselamatan Pasien Rumah Sakit. Jakarta: Depkes RI.
- Pasaribu, M. H., Manurung, T. W., & Ariefin, M. (2024). Kajian Kualitas Air Sumur Pada Permukiman Baru Kelurahan Jekan Raya Palangka Raya Serta Kaitannya Dengan Sumber Air Bersih Warga. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Sakai

Sambayan, 8(1), 10–15.

- Pradana, T. D., Suharno, S., & Kamarullah, A. (2018). Efektivitas Koagulan Bubuk Kapur Dan Filtrasi Dengan Metode Up Flow dan Down Flow Untuk Menurunkan Fe. *Jurnal Kesmas (Kesehatan Masyarakat) Khatulistiwa*, 5(1), 32–41.
- Purnomo, W. (2010). Kajian pengaruh waktu adsorpsi gliserol pada alumina berdasarkan konsentrasi adsorbat.
- Radika, R., & Astuti, A. (2020). Pengaruh Variasi Konsentrasi NaCl sebagai Aktivator Karbon Aktif Kulit Singkong untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat Air Sungai Batang Ombilin. *Jurnal Fisika Unand*, 9(2), 163–168.
- Ramayani, P. (2022). Pemanfaatan Karbon Aktif Serat Daun Nanas Untuk Menurunkan Kandungan Logam Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali Di Kawasan Mabar Hilir. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
- Sahraeni, S., & Ahnaf, S. K. (2023). Karakteristik Crude Asap Cair Hasil Pirolisis Gambut Berbentukan Katalis Zeolit Alam Teraktivasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, 10(1), 199–203.
- Sulistyawati, S. (2008). Modifikasi tongkol jagung sebagai adsorben logam berat Pb (II).
- Supriyati, W. (2023). Arang, Arang Aktif, dan Asap Cair Kayu Gelam. Penerbit NEM.
- Tamjidillah, M., & Nizar Ramadhan, M. (2023). Teknologi Pengolahan Air Bersih. IRDH International Research and Development for Human Beings.
- Yuniar, Y., Mappiratu, M., & Nurhaeni, N. (2015). Kajian Daya Serap Arang Tempurung Kemiri (Aleorites Moluccana) Terhadap Ion Besi (III) Dan Ion Timbal (II) Pada Berbagai Waktu Kontak. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 1(1).