

DEGRADASI FOTOKATALITIK LIMBAH CAIR BATIK JAMBI MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN CAO DARI CANGKANG KERANG BAMBU (*ENSIS SP.*)

A. Saputra, W. Utami*, S. Ningsih dan Deliza

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Jambi, Indonesia
*Email: wijiutami@uinjambi.ac.id

ABSTRAK

Limbah cair zat warna Batik Jambi mengandung senyawa *organic non-biodegradable* yang bersifat karsinogenik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas katalis CaO dalam mendegradasi limbah cair zat warna Batik Jambi. Pada penelitian ini, limbah cair zat warna Batik Jambi didegradasi menggunakan metode fotokatalitik penyinaran matahari dan lampu UV 38 watt dengan dan tanpa katalis CaO dari cangkang kerang bambu. Larutan limbah warna dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 200-800 nm dengan massa katalis 0,02 gram. Data memperlihatkan bahwa hasil degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi yang paling baik yaitu penambahan katalis CaO dan penyinaran matahari selama 3 jam sebesar 60,34%. Sedangkan penyinaran lampu UV selama 3 jam hanya sebesar 36,12%. Hasil penelitian dapat memberikan beberapa manfaat yaitu sebagai sumber informasi bagi pengrajin batik tentang pengolahan limbah cair Batik secara sederhana. Selain itu, studi ini sebagai data dukung bagi pemerintah tentang pembuatan produk hukum terkait pengolahan limbah cair batik yang belum diperhatikan.

Kata kunci: Batik Jambi, CaO, degradasi, fotokatalitik, katalis

ABSTRACT

The wastewater of Batik Jambi dye contains non-biodegradable organic compounds that are carcinogenic. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the CaO catalyst in degrading the Batik Jambi dye wastewater. In this research, Batik Jambi dye wastewater was degraded using the photocatalytic method the solar irradiation and a 38-watt UV lamp with and without a CaO catalyst from bamboo shells. The colored waste solution was analyzed using a UV-VIS spectrophotometer at a wavelength of 200-800 nm with a catalyst mass of 0.02 grams. The data showed that the best result of degradation of Jambi Batik dye wastewater was the addition of a CaO catalyst and solar irradiation for 3 hours of 60.34%. Whereas UV light irradiation for 3 hours was only 36.12%. The result of research could provide several benefits, namely as a source of information for batik craftsmen about the simple processing of liquid waste. In addition, this study served as supporting data for the government regarding the manufacture of law product related to the treatment of batik wastewater which has not been considered

Keywords: catalyst, CaO, degradation, photocatalytic

PENDAHULUAN

Batik menjadi salah satu identitas budaya Indonesia yang sudah diakui *The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) (Milea, 2021). Salah satu wilayah Indonesia yang memiliki industri batik tradisional adalah Jambi Kota Seberang, Provinsi Jambi. Produk industri Batik Jambi sudah menembus pasar internasional Prancis sejak tahun 2017 (Mahila, 2018). Produksi Batik Jambi menghasilkan limbah cair zat warna yang membahayakan makhluk hidup dan lingkungan sebanyak 25 m³ setiap harinya (Nawawi, 2020).

Limbah cair tersebut berasal dari proses pewarnaan yang menggunakan pewarna sintetik seperti Remazol, Nafthol, dan Indigozol yang bersifat karsinogenik (Putri, 2022). Paparan zat warna tersebut dapat menyebabkan keracunan pada biota laut dan putusannya rantai kehidupan (Girsang, 2021). Pada tingkat yang lebih tinggi dapat merusak tatanan ekosistem perairan. Keberadaan limbah cair zat warna Batik Jambi perlu diberi perlakuan untuk mengurangi dampak jangka panjang (Dinata *et al.*, 2021).

Berbagai macam metode degradasi telah banyak dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya untuk mengatasi dan mengurangi

dampak negatif dari limbah cair zat warna. Di antara metode yang sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu degradasi menggunakan mikroba, oksidasi, dan ozonasi (Rachmawati, 2022). Akan tetapi metode tersebut memiliki banyak kekurangan yaitu membutuhkan biaya yang cukup banyak dan sukar diterapkan di lingkungan masyarakat (Pambudi, 2022). Menurut penelitian terdahulu mengatakan bahwa metode fotokatalitik lebih efektif untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik *non-biodegradable* yang terdapat di dalam limbah cair zat warna Batik Jambi (Prabhu *et al.*, 2022). Penelitian limbah cair zat warna Batik Jambi akan didegradasi menggunakan sinar matahari dan sinar lampu UV dengan penambahan katalis CaO dari cangkang kerang bambu. Katalis CaO dipilih untuk proses fotokatalitik karena memenuhi kriteria yaitu zat ini tidak beracun, ramah lingkungan, rendah larut dalam air, dan biomaterial murah (Eskikaya *et al.*, 2022).

Penggunaan katalis CaO yang bersumber dari limbah biomassa juga telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk mendegradasi zat warna. Penelitian terdahulu mengatakan bahwa degradasi pewarna hijau dan merah fenol dengan penambahan CaO dari kulit telur ayam menunjukkan hasil sebesar 98% dibandingkan tanpa adanya penambahan katalis hanya sebesar 78% (Thakur, 2021). Katalis serupa juga telah diujikan pada degradasi pewarna metilen biru dengan hasil 98% menggunakan sinar matahari dalam waktu 180 menit (Eskikaya *et al.*, 2022). Sedangkan metode fotokatalitik untuk pewarna Safranin dan *Reactive Red* 180 (RR180) juga menggunakan katalis serupa menunjukkan hasil degradasi pewarna Safranin dan RR180 masing-masing adalah 100% dan 97,90%, berurutan. Efisiensi adsorpsi pewarna yang dapat diwujudkan selama percobaan fotokatalitik diukur sebagai 20,99% dan 9,99% untuk pewarna Safranin dan RR180 (Jaiswal *et al.*, 2020).

Sejauh ini belum dilakukannya penelitian mengenai degradasi fotokatalitik limbah cair zat warna Batik Jambi menggunakan katalis CaO. Sehingga pada penelitian ini dilakukan upaya untuk menurunkan kadar zat warna pada limbah Batik Jambi menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang bambu. Katalis heterogen CaO dari limbah cangkang kerang bambu memiliki keunggulan dibandingkan katalis serupa dari sumber lain yaitu memiliki kemampuan mengolah limbah

cair zat warna pada konsentrasi tinggi (Meshko *et al.*, 2001). Selain itu, kandungan kalsium dari limbah cangkang kerang bambu ini mencapai 69.35% (Hachoumi *et al.*, 2017), dan sumber bahan baku lainnya seperti tulang ikan gabus hanya 39.836% (Muryati, 2019).

Penggunaan katalis CaO untuk degradasi yang bersumber dari cangkang kerang bambu juga dapat mengurangi limbah padat cangkang kerang yang belum diolah dan dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat sekitar. Implementasi rencana penelitian ini akan memberikan berbagai manfaat bagi penulis, pembaca dan pengrajin batik jambi dalam mengelola limbah cair zat warna agar tidak mencemari lingkungan.

MATERI DAN METODE

Bahan

Pada penelitian ini bahan kimia yang digunakan adalah limbah cair zat warna Batik Jambi, akuades, dan katalis CaO dari cangkang kerang bambu. Karakteristik katalis CaO yang digunakan adalah ukuran 200 mesh dan sudah dikalsinasi pada suhu 900°C. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu katalis CaO 200 mesh dengan suhu kalsinasi 900°C menunjukkan intensitas puncak difraktogram pada 18.016 °; 23.049 °; 29.389 °; 34.093°; 47.473°; dan 50.815° (Utami, 2022).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, pipet volumetrik, pipet tetes, spatula, baker gelas, kertas ph, batang pengaduk, labu ukur 1000 mL, spektrofotometer UV-VIS (Genesys 10 UV), lampu UV (Lampu UV sterilisasi *type* 220V/38W/C), kaca porselin, petridis, dan botol sampel.

Cara kerja

Pertama pengambilan dan preparasi sampel limbah cair zat warna Batik Jambi. Limbah cair diambil dari industri batik di Jambi Kota Seberang, Provinsi Jambi. Limbah cair ini dimasukan ke dalam jerigen. Limbah cair disaring dengan menggunakan kertas saring untuk menghilangkan padatan seperti malam yang dapat mengganggu analisis. Hasil saringan ditampung menggunakan gelas piala berukuran 1000 mL. Pada Gambar 1 berikut ditampilkan tempat pengambilan limbah cair zat warna Batik Jambi.



Gambar 1. Lokasi pengambilan limbah cair zat warna Batik Jambi (dokumentasi pribadi)

Dari Gambar 1 terlihat bahwa warna limbah yang dihasilkan dari proses pewarnaan Batik Jambi memiliki warna ungu yang sangat pekat. Cairan tersebut dibuang begitu saja oleh pengrajin batik tanpa diberi perlakuan terlebih dahulu. Kegiatan ini jika dilakukan secara terus menerus akan memberikan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitar.

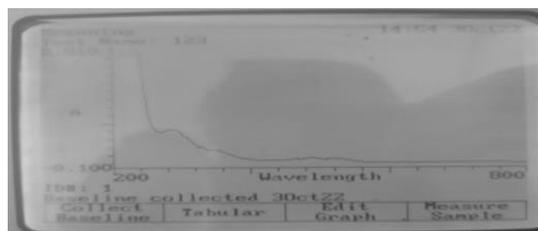
Kedua, degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi dengan fotokatalisis. Larutan limbah cair dimasukkan ke dalam cawan petri sebanyak 20 mL dengan penambahan katalis CaO 0,02 gram (Deliza, 2016). Degradasi dilakukan di bawah lampu UV 38 Watt dan penyinaran matahari dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam (Wellia and Takeuchi, 2019). Absorbansi larutan limbah cair diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimumnya untuk mendapatkan persen degradasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan katalis CaO sebagai fotokatalis dalam mendegradasi limbah cair zat warna Batik Jambi sudah dilakukan karakterisasi oleh penelitian sebelumnya. Katalis CaO yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ukuran 200 mesh yang telah dikalsinasi pada suhu 900°C. Hasil FTIR menerangkan bahwa pada sampel 200 mesh suhu kalsinasi 9000C terdapat spektra melebar pada bilangan 1363,73 cm-1 hingga 1700 cm-1 . Bilangan tersebut menunjukkan bahwa puncak melebar mengkonfirmasi adanya regangan CaO. menunjukkan bahwa semua sampel yang diuji menunjukkan puncak yang berasal dari CaO. Pada sampel 200 mesh dengan suhu kalsinasi 900°C menunjukkan intensitas puncak CaO pada 18.016 °; 23.049 °; 29.389 °; 34.093°; 47.473°; dan 50.815° (Utami, 2022).

Penentuan panjang gelombang maksimum

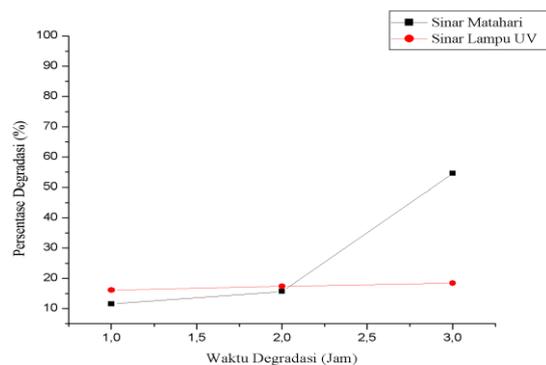
Larutan limbah cair zat warna Batik Jambi dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis. Gambar 2 menjelaskan bahwa larutan limbah cair zat warna Batik Jambi menyerap cahaya maksimal pada 244 nm. Serapan cahaya maksimum ini mendekati hasil penelitian terdahulu yang dilakukan J.Polimer dkk tentang degradasi fotokatalitik *methyl orange* menggunakan katalis TiO₂ didapatkan panjang gelombang maksimum 252 nm (Van Hung *et al.*, 2021).



Gambar 2. Spektrum larutan limbah cair zat warna

Pengaruh waktu degradasi

Perbedaan waktu penyinaran pada saat proses degradasi berlangsung dapat memberikan efek yang berbeda juga dalam penurunan nilai absorbansi pada proses degradasi fotokatalitik. Gambar 3 menunjukkan pengaruh variasi waktu kontak penyinaran terhadap degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi.



Gambar 3. Pengaruh waktu degradasi terhadap persentase degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi dengan sinar matahari dan lampu UV

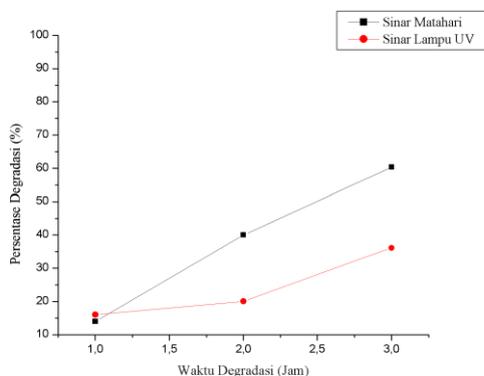
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan waktu degradasi dengan penyinaran matahari maupun penyinaran lampu UV diikuti dengan peningkatan persen degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi. Dari Gambar 3 terlihat bahwa waktu optimum lama penyinaran

menggunakan sinar matahari maupun lampu UV yaitu selama 3 jam. Hasil waktu optimum ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Naimah, 2014) mencapai persen degradasi 60,4% pada waktu 3 jam. Dari Gambar 3 terlihat bahwa persentase degradasi tertinggi pada penyinaran menggunakan sinar matahari dibandingkan dengan sinar lampu UV yaitu 54,59% dan 18,43%. Hal ini dikarenakan sinar matahari memiliki intensitas dan panjang gelombang antara (310-2300 nm) yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan intensitas dan panjang gelombang sinar UV 200-300 nm (Tian *et al.*, 2020). Selain itu juga lamanya waktu penyinaran menyebabkan proses pengikatan katalis dan penyebaran elektron semakin tinggi (Alsohaimi *et al.*, 2020).

Lamanya waktu kontak antara larutan zat warna dan cahaya dapat menurunkan absorbansi yang sangat signifikan. Hal ini karena semakin lama waktu kontak penyinaran maka semakin banyak elektron yang tereksitasi sehingga semakin banyak pula radikal $\bullet\text{OH}$ yang terbentuk (Beyan *et al.*, 2021). Menurut penelitian terdahulu radikal $\bullet\text{OH}$ yang terbentuk sebagai agen yang dapat menurunkan senyawa toksik dalam larutan oleh rantai rangkap yang sebagian besar diserang, seperti $\text{N}=\text{N}$, $\text{C}=\text{C}$ dan $\text{C}=\text{N}$, dan $\bullet\text{OH}$ dihasilkan oleh sinar UV dan penyinaran matahari (Sela *et al.*, 2020).

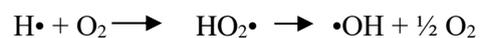
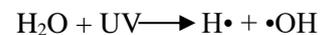
Pengaruh katalis CaO pada iradiasi sinar matahari dan iradiasi sinar UV

Penambahan katalis CaO pada proses degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi dapat mempercepat proses pengikatan penurunan zat warna. Pengaruh katalis CaO dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh waktu degradasi terhadap persentase degradasi limbah cair zat warna batik Jambi menggunakan sinar matahari dan lampu UV dengan penambahan katalis CaO

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa sumber sinar dan penambahan katalis CaO berpengaruh terhadap persentase degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa persentase degradasi yang cukup tinggi yaitu 60,34% menggunakan sinar matahari. dibandingkan sinar lampu UV yang hanya 36,12%. Katalis dengan massa 0,02 gram yang diberikan dapat menyebabkan persebaran pengikatan elektron katalis CaO terhadap zat warna Batik Jambi. Proses degradasi yang dibantu oleh sinar. ketika larutan air dikenai sinar, terjadi pemecahan molekul air menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Penggunaan katalis (umumnya semikonduktor) dalam proses fotolisis disebut dengan fotokatalisis (Khanh *et al.*, 2021). Reaksi pembentukan radikal :



Fotolisis disini merupakan proses pemutusan ikatan dari suatu senyawa organik dengan bantuan energi foton sinar UV yang sesuai oleh adanya cahaya UV (Harichandran, 2016). Usia pakai dari OH bergantung pada konsentrasinya. Sebagai contoh, konsentrasi OH sebesar $1\mu\text{M}$, maka usiany sekitar $200\mu\text{s}$. Kecepatan reaksi antara OH dengan senyawa organik atau non organik adalah $10^7 - 10^{10} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ (Solanki, 2020)

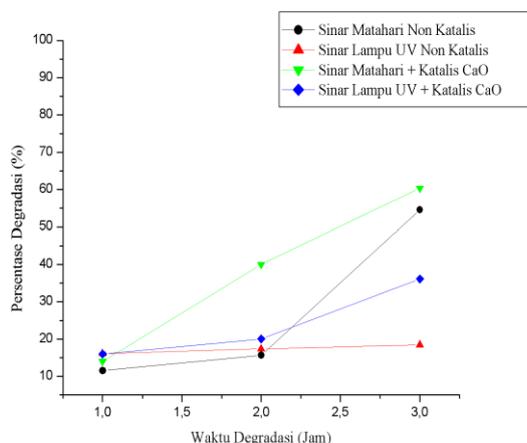
Katalis CaO ini sangat penting dalam proses degradasi karena menghasilkan radikal $\bullet\text{OH}$. Dengan penambahan katalis CaO ke dalam larutan maka molekul-molekul hidroksil ($\bullet\text{OH}$) membentuk kelompok yang akan menyebabkan kompetisi antar molekul limbah cair zat warna sehingga terjadi pada kondisi jenuh (Thakur, 2021). Selanjutnya larutan limbah cair zat warna yang terikat dengan CaO terjadi degradasi. Selain itu juga sinar matahari dan sinar lampu UV mempengaruhi degradasi yang cukup signifikan karena cahaya matahari memiliki energi foton yang membantu mempercepat degradasi (Prabhu *et al.*, 2022). Sehingga dengan adanya bantuan energi foton menyebabkan probabilitas eksitasi elektron dalam limbah cair zat warna Batik Jambi semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan molekul yang terdapat pada limbah cair zat warna semakin sedikit dan menyebabkan absorbansinya menurun (Sanjani, 2022).

Katalis sebagai zat pengikat molekul zat warna yang kemudian diberikan sinar tampak dengan intensitas yang cukup besar dan dengan

waktu yang lama maka molekul zat warna yang terkandung dalam larutan terpecah dan menjadi pudar sehingga menurunkan nilai absorbansinya. Selain itu dengan menggunakan sinar matahari dan lampu UV memberikan hasil degradasi yang signifikan. Penyinaran dengan menggunakan 2 sinar tersebut terjadi proses absorpsi pada permukaan katalis CaO yang akan berguna sebagai sanitiser sinar tampak. Sanitiser dari sinar tampak ini akan menyebabkan CaO akan tetap aktif pada sinar tampak yang dalam hal ini yang paling besar komponennya dari sinar matahari (Deliza, 2016).

Pengaruh sumber cahaya terhadap persentase degradasi limbah cair zat warna batik Jambi

Proses penyinaran menggunakan sinar matahari dan lampu UV, energi foton yang diserap oleh katalis CaO pada permukaan semakin banyak sehingga akan mudah mendegradasi limbah cair zat warna Batik Jambi. Gambar 5 merupakan pengaruh jenis sumber sinar terhadap persentase degradasi.



Gambar 5. Pengaruh sumber sinar terhadap degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa penyinaran matahari memberikan persentase sebesar 60,34% dan 54,59% lebih tinggi dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu 18,43% dan 36,12%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya degradasi absorbansi dari limbah cair zat warna dengan menggunakan penyinaran matahari dan lampu UV dapat membantu untuk fotokatalis menjadi lebih mudah (Deliza, 2016). Penyinaran matahari memiliki energi foton yang lebih tinggi dari pada sinar lampu UV. Energi foton yang dihasilkan

sinar matahari dapat mempercepat fotokatalisis untuk menghasilkan radikal $\bullet\text{OH}$. dari pada menggunakan sinar lampu UV (Naimah, 2020). Selain itu dengan adanya katalis CaO dapat meningkatkan energi kinetik dan proses penyebaran katalis CaO pada area sinar tampak yang disinari cahaya matahari tinggi sehingga zat warna menjadi pudar dan nilai absorbansinya turun.

Faktor lain yang menyebabkan sinar matahari lebih efektif digunakan untuk mendegradasi limbah cair zat warna Batik Jambi dibandingkan sinar lampu UV ialah perbedaan suhu dan intensitas yang diberikan sinar matahari. Hal tersebut menyebabkan perbedaan jumlah radikal $\bullet\text{OH}$ juga berbeda. Akan tetapi, sebenarnya ada pernyataan bahwa intensitas sinar matahari yang sampai ke bumi dipengaruhi oleh jenis musim dan jenis awan yang berbeda. Namun, hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa katalis CaO dengan sinar matahari jauh lebih efektif digunakan pada proses degradasi fotokatalitik limbah cair zat warna Batik Jambi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa degradasi fotokatalitik limbah cair zat warna Batik Jambi jelas dipengaruhi oleh penambahan katalis CaO dan sumber sinar. Metode penyinaran matahari meningkatkan degradasi yang lebih baik dari pada penyinaran lampu UV. Hasil degradasi limbah cair zat warna Batik Jambi yang paling baik yaitu penambahan katalis CaO dan menggunakan penyinaran matahari selama 3 jam sebesar 60,34%. Sedangkan menggunakan penyinaran lampu UV selama 3 jam hanya menunjukkan hasil sebesar 36,12%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsohaimi, I. H., Nassar, A. M. Elnasr, T. A. S., Cheba, B. A. 2020. A novel composite silver nanoparticles loaded calcium oxide stemming from egg shell recycling: A potent photocatalytic and antibacterial activities. *Journal of Cleaner Production*. 248. 119274.
- Beyan, S. M., Prabhu, S. V., Sissay, T.T., Getahun, A.A. 2021. Sugarcane bagasse based activated carbon preparation and its adsorption efficacy on removal of BOD and COD from textile effluents: RSM based modeling, optimization and kinetic

- aspects. *Bioresource Technology Reports*. 14. 1-9.
- Deliza. 2014. Degradasi Senyawa Zat Warna Rhodamin B Secara Fotokatalis Dengan Penambahan Katalis Heterogen TiO₂-NiFe₂O₄, TiO₂-CuFe₂O₄, dan TiO₂-MnFe₂O₄. *Skripsi*. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas.
- Deliza. 2016. Degradasi Zat Warna *Direct Red-81* dan *Direct Yellow-27* Melalui Proses Ozonolisis, Fotolisis dengan Sinar UV Dan Cahaya Matahari Menggunakan Katalis *N-Doped* TiO₂ dan *C-N-Codoped* TiO₂. Tesis. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas.
- Deliza, D., Syukri, A., Wulanda, M. N., Sartika, D. 2021. Detection of metal elements within Inductively Couple Plasma Emission Jambi batik waste and views as Muslim education. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1869(1). 012059.
- Eskikaya, O. Gun, M., Bouchareb, R., Bilici, Z., Dizge, N., Ramaraj, R., Balakrishnan, D. 2022. Photocatalytic activity of calcined chicken eggshells for Safranin and Reactive Red 180 decolorization. *Chemosphere*. 304. 135210.
- Girsang, N. D. 2021. Literature study of convolutional neural network algorithm for batik classification. *Brilliance Research of Artificial Intelligence*. 1(1). 1-7.
- Hachoumi, I., Ouahabi, I. E., Slimani, R., Cagnon, B., Haddad, M.E. Antri, S. E., Lazar, S. 2017. Adsorption studies with a new biosorbent *ensis siliqua* shell powder for removal two textile dyes from aqueous solution. *Journal of Material and Environmental Science*. 8(4). 1448-1459.
- Harichandran, G., Prasad, S. 2016. SonoFenton degradation of an azo dye, Direct Red. *Ultrasonics sonochemistry*. 29. 178-185.
- Jaiswal, K. K. Dutta, S., Pohrmen, C. B., Verma, R., Kumar, A., Ramaswamy, A.P. 2020. Bio-waste chicken eggshell-derived calcium oxide for photocatalytic application in methylene blue dye degradation under natural sunlight irradiation. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*. 51(7). 995-1004.
- Mahila, S. 2018. Keberadaan Hak Kekayaan Intelektual Seni Batik Jambi di Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 18(3). 565-574.
- Meshko, V., Markovska, L., Micheva, M., Rodrigues, A.E. 2001. Adsorption of basic dyes on granular activated carbon and natural zeolite. *Water Research*. 35(14). 3357-3366.
- Milea, F. 2021. The social constructivism of entrepreneurial process in smes revitalization: a case of batik industry in Indonesia. *Academy of Entrepreneurship Journal*. 27(4).1-11.
- Muryati, M., Hariani, P. L., Said, M. 2019. Preparation and characterization nanoparticle calcium oxide from snakehead fish bone using ball milling method. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 4(3). 111-115.
- Nguyen, D. K., On, V., Rivas-Silva, .F., Cocolletzi, G. H. 2021. Structural, electronic, magnetic and optical properties of CaO induced by oxygen incorporation effects: A first-principles study. *Physics Letters A*. 397. 127241.
- Naimah, S., A. Ardhania, S., Jati, B.N., Aidha, N. N., C. Arianita, A. 2014. Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂ - Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*. 36. 25-236.
- Nawawi, M. T., Rodhiah, R. 2020. SWOT analysis on the smes of batik products in jambi city. *Atlantis Press*. 145. 356-360.
- Kusumaningrum, D. I. P., Sudarni, D. H. A., Wahyuningsih, S. 2022. Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 72-79.
- Putri, W., Rahmah, A., Mayasari, R., Nurmita, N., Deliza, D., Utami, W., Tanti, D., Ma'ruf, R. 2022. Is Batik Bad for Water and The Environment? Reveal The Perception of Batik Craftsmen About Environmental Care. In *Proceedings of the 4th International Colloquium on Interdisciplinary Islamic Studies in conjunction with the 1st International Conference on Education, Science, Technology, Indonesian and Islamic Studies, ICIIIS and ICESTIIS 2021, 20-21 October 2021, Jambi, Indonesia*.
- Rachmawati, V., Nurjayati, R., Yuniati, M. D. 2022. Penurunan Konsentrasi COD Limbah Batik Pada Proses Seeding dan

- Aklimatisasi Menggunakan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 21(1). 73-82.
- Sanjani, A., Oktaviana, D., & Ningtyas, N. S. I. 2022. Identifikasi kandungan tannin dan saponin hijauan pakan sapi potong di desa senayan kabupaten sumbawa barat. *Jurnal Sangkareang Mataram*. 9(2). 28-33.
- Sela, S. K., Nayab-UI-Hossain, A. K. M., Hussain, S. Z., Hasan, N. 2020. Utilization of prawn to reduce the value of BOD and COD of textile wastewater. *Cleaner Engineering and Technology*. 1. 100021.
- Solanki, V. S., Pare, B., Gupta, P., Jonnalagadda, S. B., Shrivastava, R. 2020. A Review on Advanced Oxidation Processes (AOPs) for Wastewater Remediation. *Asian J. Chem*. 32. 2677-2684.
- Thakur, S., Singh, S., Pal, B. 2022. Superior adsorptive removal of brilliant green and phenol red dyes mixture by CaO nanoparticles extracted from egg shells. *Journal of Nanostructure in Chemistry*. 12(2). 207-221.
- Tian, W., Chen, G., Gui, Y., Zhang, G., Li, Y. 2021. Rapid quantification of total phenolics and ferulic acid in whole wheat using UV-Vis spectrophotometry. *Food Control*. 123. 107691.
- Utami, W. 2022. Synthesize and characterization of heterogeneous catalyst: *ensis sp.* shell waste. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*. 3(3). 137-142.
- Van Hung, N., Nguyet, B. T. M., Nghi, N. H., Khieu, D. Q. 2021. Photocatalytic degradation of methylene blue by using ZnO/longan seed activated carbon under visible-light region. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31, 446-459.
- Wellia, D. V., Takeuchi, T. 2019. Photocatalytic degradation of Direct Yellow-27 by photolysis with UV-light and solar irradiation Using N-doped TiO₂. *KnE Engineering*. 62-74.