

## UJI DEGRADASI LIMBAH MERAH ALLURA DAN TETRASIKLIN MENGGUNAKAN KATALIS KALSIMUM OKSIDA (CaO)

Muhammad Satria Mandala Putra<sup>1</sup>, Yovita Endah Lestari<sup>2\*</sup>, Saddam Husein<sup>3</sup>, Rachmi Nurkhalika<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Malahayati  
<sup>2</sup>Politeknik Negeri Lampung

[\*Email Korespondensi:yovita.el@malahayati.ac.id]

**Abstract: Degradation Test For Allura Red And Tetracycline Waste Using Calcium Oxide (CaO) Catalyst.** This research focuses on evaluating the performance of calcium oxide (CaO), synthesized from shellfish and chicken eggshells, as a catalyst in the degradation of waste containing the synthetic dye Allura Red and the antibiotic tetracycline. These two organic compounds are classified as persistent pollutants commonly found in industrial waste and pose significant environmental hazards. The research methods include CaO catalyst synthesis and characterization using XRD, FTIR, and SEM techniques. UV-Vis spectrophotometry was employed to assess the catalyst activity in degrading waste, with variations in radiation time (0–150 minutes) at a constant waste concentration of 50 ppm. The results demonstrate that CaO shows potential as an effective catalyst, indicated by a color change from intense to slightly clear in Allura Red and tetracycline waste, with degradation percentages reaching 93% and 67%, respectively, after 150 minutes. Based on these findings, CaO is considered a promising catalyst for treating waste containing persistent organic compounds. Its high degradation efficiency, ease of synthesis, and regeneration make it an attractive alternative to conventional catalysts. Further research is recommended to identify degradation by-products and assess the long-term stability of the CaO catalyst under real operational conditions.

**Keywords:** Allura red, Calcium Oxide (CaO) Catalyst, Tetracycline

**Abstrak: Uji Degradasi Limbah Merah Allura dan Tetrasiklin Menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO).** Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja kalsium oksida (CaO) yang disintesis dari cangkang kerang dan cangkang telur ayam sebagai katalis dalam proses degradasi limbah yang mengandung zat warna sintetik Merah Allura dan antibiotik tetrasiklin. Kedua senyawa organik tersebut merupakan polutan persisten yang umum ditemukan dalam limbah industri dan dapat membahayakan lingkungan. Metode penelitian meliputi sintesis katalis CaO serta karakterisasi menggunakan teknik XRD, FTIR, dan SEM. Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menguji aktivitas katalis dalam proses degradasi limbah, dengan variasi waktu penyinaran (0–150 menit) pada konsentrasi limbah tetap sebesar 50 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CaO memiliki potensi sebagai katalis yang efektif, ditunjukkan dengan perubahan warna limbah Merah Allura dan tetrasiklin dari pekat menjadi agak bening, serta persen degradasi masing-masing mencapai 93% dan 67% setelah 150 menit. Berdasarkan temuan ini, CaO dinilai sebagai katalis yang menjanjikan untuk pengolahan limbah yang mengandung senyawa organik persisten. Efisiensi degradasi yang tinggi serta kemudahan sintesis dan regenerasi menjadikan CaO sebagai alternatif menarik dibandingkan katalis konvensional. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi produk samping degradasi dan menguji stabilitas jangka panjang katalis CaO dalam kondisi operasi nyata.

**Kata Kunci:** Katalis Kalsium Oksida (CaO), Merah Allura, Tetrasiklin

### PENDAHULUAN

*Emerging Pollutants* (EPs) atau polutan baru adalah senyawa pencemar

yang baru teridentifikasi atau belum banyak diteliti, namun berpotensi menimbulkan ancaman terhadap

lingkungan maupun kesehatan manusia. Polutan ini umumnya berasal dari aktivitas manusia dan belum tercakup dalam peraturan lingkungan yang berlaku (Jiao et al., 2021). EPs mencakup berbagai senyawa seperti obat-obatan dan produk perawatan pribadi, gen resistensi antibiotik, pengganggu endokrin, serta produk sampingan dari proses desinfeksi. Di antara berbagai EPs, antibiotik merupakan salah satu yang paling umum dan sering terdeteksi dalam badan air dalam beberapa tahun terakhir (Wang et al., 2019).

Limbah obat-obatan seperti analgesik, anti-inflamasi, dan antibiotik tergolong sangat toksik dan berbahaya. Residu antibiotik yang mencemari air tanah dapat menimbulkan risiko toksisitas langsung terhadap manusia yang mengonsumsi air tersebut, serta mengganggu keseimbangan mikroba dan fauna akuatik di lingkungan perairan (Stackelberg et al., 2004; Finley et al., 2013; Sanjayadi & Violita, 2020). Salah satu antibiotik yang paling sering digunakan adalah tetrasiklin. Senyawa ini dapat terakumulasi dalam rantai makanan, menyebabkan toksisitas pada komunitas mikroba, dan mendorong perkembangan serta penyebaran resistensi antibiotik. Selain itu, tetrasiklin dapat mencemari sumber air minum dan irigasi, serta menyebabkan gangguan pada flora mikroba usus manusia, yang pada akhirnya menimbulkan kekhawatiran serius terhadap kesehatan masyarakat (Leng et al., 2020). Tetrasiklin banyak digunakan dalam bidang pertanian dan akuakultur untuk meningkatkan pertumbuhan hewan dan tanaman. Penggunaan yang luas dan sifatnya yang stabil membuat tetrasiklin menjadi salah satu kontaminan utama di lingkungan perairan secara global, serta turut berkontribusi terhadap peningkatan resistensi antibiotik. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan antibiotik baru dan pendekatan alternatif untuk mengatasi permasalahan ini (Amangelsin et al., 2023). Monahan et al. (2022) melaporkan bahwa rendahnya kemampuan tetrasiklin untuk terdegradasi di lingkungan dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekologi. Dalam hal ini,

biodegradasi menjadi salah satu metode yang menjanjikan untuk mengurangi dampak tetrasiklin terhadap lingkungan.

Selain limbah obat-obatan, limbah zat pewarna juga menjadi sumber pencemar yang umum ditemukan di lingkungan. Zat pewarna banyak digunakan dalam industri sebagai bahan tambahan atau untuk tujuan estetika dalam berbagai produk. Beberapa jenis pewarna, khususnya pewarna sintesis, diketahui sulit terurai secara alami, sehingga bersifat toksik dan karsinogenik (Mahreni & Sulistyawati, 2011). Salah satu pewarna sintetik yang sering digunakan adalah merah allura, yakni pewarna golongan monozoa yang pertama kali dikembangkan oleh *Allied Chemical Corporation* dengan nama dagang *Allura AC Red*. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 33 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan, penggunaan merah allura harus dibatasi dengan dosis maksimum konsumsi sekitar 70–300 mg/kg berat badan (Aji et al., 2022). Meskipun demikian, merah allura diketahui berpotensi memicu kanker limfoma. Kelebihan utama dari pewarna sintesis seperti merah allura adalah kemampuannya menghasilkan warna yang kuat meskipun digunakan dalam jumlah kecil. Hal ini menyebabkan banyak produsen lebih memilih pewarna sintesis dibandingkan pewarna alami atau organik. Namun, meskipun penggunaannya telah diatur, limbah dari proses produksi maupun residu dari pewarna tersebut tetap berpotensi mencemari perairan (Yuliarti, 2007). Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa zat warna merah dan metabolitnya dapat membahayakan kesehatan manusia serta meningkatkan risiko kanker, khususnya pada pekerja di industri pewarna. Oleh karena itu, merah allura dikategorikan sebagai senyawa yang bersifat genotoksik, mutagenik, karsinogenik, dan berisiko fatal bagi hewan maupun manusia (Abdul et al., 2023).

Penelitian mengenai sintesis katalis kalsium oksida (CaO) dari cangkang telur ayam dan cangkang kerang hijau untuk degradasi limbah merah allura dan tetrasiklin dilakukan dengan memanfaatkan limbah organik dari

industri pangan, khususnya cangkang telur ayam dan kerang hijau. Bahan-bahan tersebut digunakan sebagai bahan baku pembuatan katalis yang ramah lingkungan dan efektif dalam mendegradasi limbah. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa cangkang telur ayam dan kerang hijau mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang merupakan prekursor pembentukan  $\text{CaO}$ . Kalsium oksida memiliki kemampuan sebagai katalis dalam reaksi degradasi limbah organik, termasuk limbah merah allura dan tetrasiklin (Feronica et al., 2025). Salah satu alternatif pengolahan limbah yang umum digunakan, termasuk untuk limbah tekstil, adalah dengan metode fotokatalitik (Alinsafi et al., 2007). Proses fotokatalisis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, yang selanjutnya membentuk radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Radikal ini akan bereaksi dengan senyawa organik (polutan), sehingga memungkinkan pemisahan air dari limbah cair dan menghasilkan air yang lebih jernih (Mano et al., 2015).

#### **METODE**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga Oktober 2023, bertempat di Laboratorium Kimia Instrumen, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung, yang berlokasi di Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedung Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: peralatan gelas laboratorium, *muffle furnace*, cawan krus, tang krus, ayakan 200 mesh, mortir dan stamper, kertas saring, *hot plate*, neraca analitik, X-

Ray Diffraction (XRD) merek Bruker AXS D8 Advance Eco, Scanning Electron Microscope (SEM) merek JSM-6510LA, Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy merek Thermo Scientific Nicolet iS10, *magnetic stirrer*, lampu ultraviolet (UV), dan spektrofotometer UV-Vis merek Shimadzu 2450. Bahan-bahan yang digunakan antara lain cangkang kerang hijau, cangkang telur ayam, larutan HCl, aquades, antibiotik tetrasiklin merek Dumocycline, dan zat warna Merah Allura. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dengan nomor 1888.70.602.08.2023 yang diterbitkan oleh UPT Perpustakaan Universitas Malahayati, Bandar Lampung.

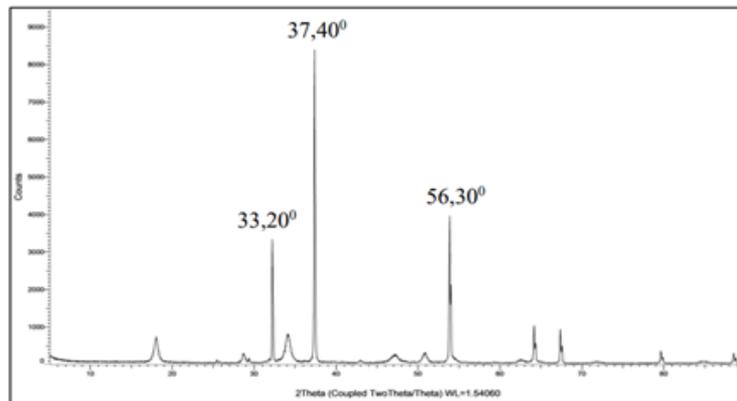
#### **HASIL**

##### **Hasil Sintesis Katalis $\text{CaO}$ Cangkang Telur Ayam dan Kerang Hijau**

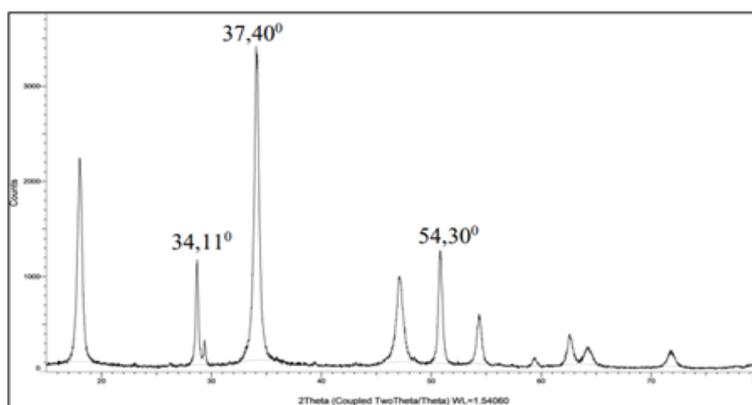
Proses kalsinasi cangkang telur ayam pada suhu  $900^\circ\text{C}$  berhasil menghasilkan katalis kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Berat awal serbuk cangkang telur ayam sebesar 30,7 gram, dan setelah proses kalsinasi beratnya berkurang menjadi 18,5 gram, dengan rendemen katalis  $\text{CaO}$  sebesar 60%. Selanjutnya, sintesis katalis  $\text{CaO}$  dari cangkang kerang hijau juga berhasil dilakukan melalui proses kalsinasi pada suhu yang sama, yaitu  $900^\circ\text{C}$ . Berat awal serbuk cangkang kerang hijau sebesar 26,5 gram, dan setelah kalsinasi beratnya menjadi 22,5 gram, menghasilkan rendemen katalis  $\text{CaO}$  sebesar 84%.

##### **Karakterisasi katalis $\text{CaO}$ dengan XRD**

Hasil karakterisasi katalis  $\text{CaO}$  dari cangkang telur ayam dan cangkang kerang hijau menggunakan metode X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan adanya puncak difraksi pada sudut tertentu (Gambar 1 dan Gambar 2).



**Gambar 1. Hasil XRD Katalis CaO Cangkang Telur**



**Gambar 2. Hasil XRD Katalis CaO Cangkang Kerang Hijau**

Gambar 1 menunjukkan hasil analisis XRD katalis CaO dari cangkang telur ayam. Puncak difraksi tajam pada sudut  $2\theta = 33,20^\circ$ ,  $37,40^\circ$ , dan  $56,3^\circ$  mengindikasikan keberadaan fase utama CaO. Hal ini diperkuat dengan kecocokan terhadap data standar JCPDS No. 82-1691 yang mencantumkan puncak pada  $2\theta = 33,20^\circ$ ,  $36,81^\circ$ , dan  $54,89^\circ$ . Hasil ini menunjukkan bahwa sampel tersusun atas fase utama CaO dengan kristalinitas tinggi dan ukuran kristal sekitar 30–50 nm.

Gambar 2 memperlihatkan pola difraksi XRD dari katalis CaO yang disintesis dari cangkang kerang hijau. Puncak intensitas tinggi terdeteksi pada sudut  $2\theta = 34,11^\circ$ ,  $37,40^\circ$ , dan  $54,30^\circ$ , yang juga sesuai dengan data standar JCPDS No. 82-1691. Hasil ini menunjukkan bahwa cangkang kerang hijau mengandung sekitar 95% kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai komponen utama. Pada suhu kalsinasi  $900^\circ\text{C}$ ,  $\text{CaCO}_3$  terurai menjadi CaO. Berdasarkan pola

difraksi XRD, dapat disimpulkan bahwa sampel masih didominasi oleh fase  $\text{CaCO}_3$  dengan kristalinitas tinggi dan ukuran kristal berkisar antara 20–30 nm.

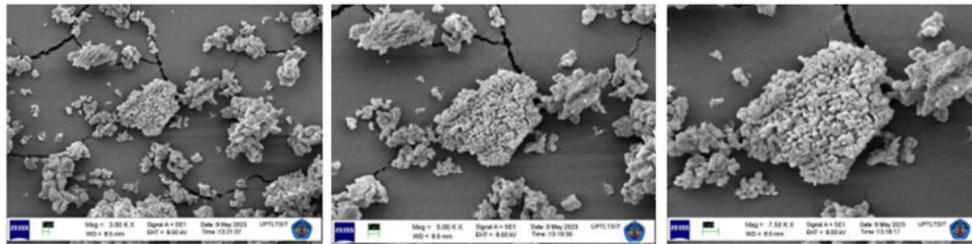
#### **Karakterisasi katalis CaO dengan SEM**

Proses analisis menggunakan mikroskop SEM dilakukan pada berbagai tingkat perbesaran: 3000x, 5000x, dan 7500x untuk sampel cangkang telur ayam, serta 1000x, 1500x, dan 2000x untuk cangkang kerang hijau. Hasil karakterisasi katalis CaO dari kedua jenis cangkang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

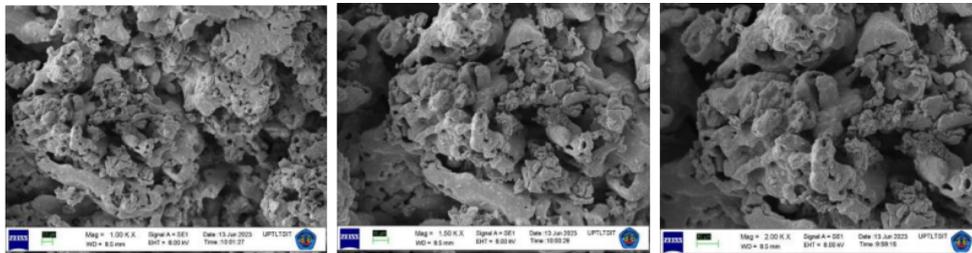
Gambar 3 menunjukkan hasil SEM katalis CaO dari cangkang telur ayam yang memiliki ukuran partikel mikrometer hingga nanometer, dengan morfologi menyerupai batang dan tampak seragam. Proses kalsinasi pada suhu  $900^\circ\text{C}$  berhasil mengubah  $\text{CaCO}_3$  menjadi CaO, sehingga menghasilkan partikel dengan ukuran lebih kecil, distribusi lebih merata, dan bentuk yang lebih teratur.

Gambar 4 memperlihatkan hasil SEM katalis CaO dari cangkang kerang hijau yang memiliki morfologi tidak seragam dan cenderung menggumpal. Menurut Yusuf et al. (2018), katalis sebelum kalsinasi umumnya memiliki partikel berukuran besar, tidak beraturan, dan tidak teridentifikasi. Namun setelah kalsinasi pada suhu tinggi, partikel berubah menjadi lebih kecil, permukaan

menjadi lebih datar, dan struktur menjadi lebih berpori dengan luas permukaan yang meningkat. Berdasarkan hasil pengamatan, morfologi katalis CaO dari cangkang kerang hijau yang diuji dalam penelitian ini belum menunjukkan bentuk yang cukup baik dan belum menyerupai struktur ideal seperti yang dijelaskan dalam literatur.



**Gambar 3. Hasil Uji SEM Cangkang Telur Ayam.**

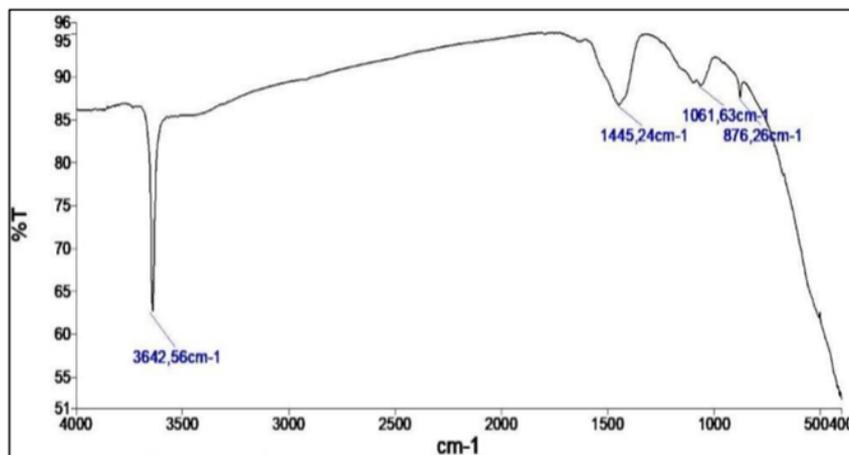


**Gambar 4. Hasil Uji SEM Cangkang Kerang Hijau.**

**Karakterisasi katalis CaO dengan FTIR**

Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam sampel CaO. Hasil analisis menunjukkan bahwa spektrum serapan FTIR dari sampel CaO yang berasal dari

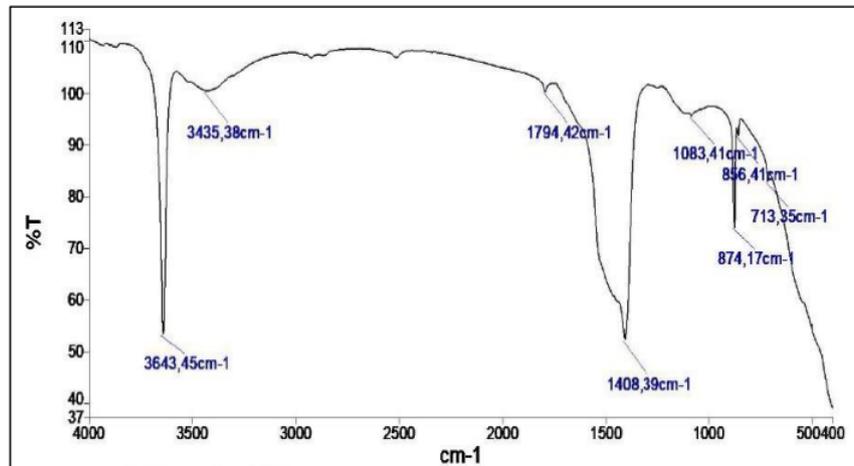
cangkang telur ayam dan cangkang kerang hijau memiliki pola yang serupa dengan spektrum standar CaO. Perbandingan spektrum tersebut ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



**Gambar 5. Hasil Uji FTIR Cangkang Telur Ayam.**

Hasil serapan FTIR dari kedua jenis katalis menunjukkan puncak pada daerah  $1420\text{ cm}^{-1}$ ,  $875\text{ cm}^{-1}$ , dan  $721\text{ cm}^{-1}$ , yang sesuai dengan spektrum khas CaO. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Fatimah et al. (2020) dan Fitriah et al.

(2018), yang juga mengidentifikasi pola serupa. Selain itu, Gosetti et al. (2012) melaporkan keberadaan puncak pada  $3640\text{ cm}^{-1}$  pada CaO dari cangkang telur ayam, yang menunjukkan adanya gugus hidroksil (OH).



**Gambar 6. Hasil Uji FTIR Cangkang Kerang Hijau.**

**Hasil Fotokatalis Limbah Tetrasiklin dan Merah Allura menggunakan Katalis CaO**

Tabel 1 menyajikan hasil uji spektrofotometri UV-Vis pada panjang

gelombang maksimum tetrasiklin, yaitu 267 nm. Nilai absorbansi tetrasiklin terlihat menurun seiring bertambahnya waktu penyinaran.

**Tabel 1. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Tetrasiklin**

Waktu Degradasi (Menit)	Absorbansi pada $\lambda$ 267nm	Persen Degradasi Tetrasiklin (%)
0	1,118	0
30	0,964	13,7
60	0,815	27,1
90	0,664	40,6
120	0,506	54,7
150	0,362	67,6

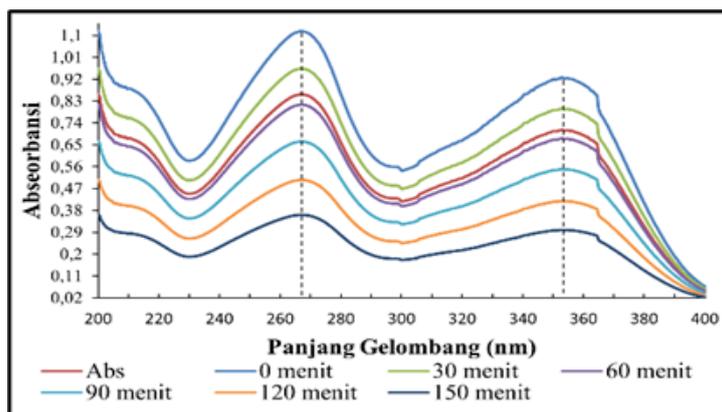
Tabel 2 menunjukkan hasil uji spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum merah allura (508

nm), dengan nilai absorbansi yang menurun seiring bertambahnya waktu penyinaran.

**Tabel 2. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Merah Allura**

Waktu Degradasi (Menit)	Absorbansi pada $\lambda$ 267nm	Persen Degradasi Tetrasiklin (%)
0	0,345	0
30	0,285	17,3
60	0,219	36,5
90	0,153	55,1
120	0,091	73,3
150	0,023	93,2

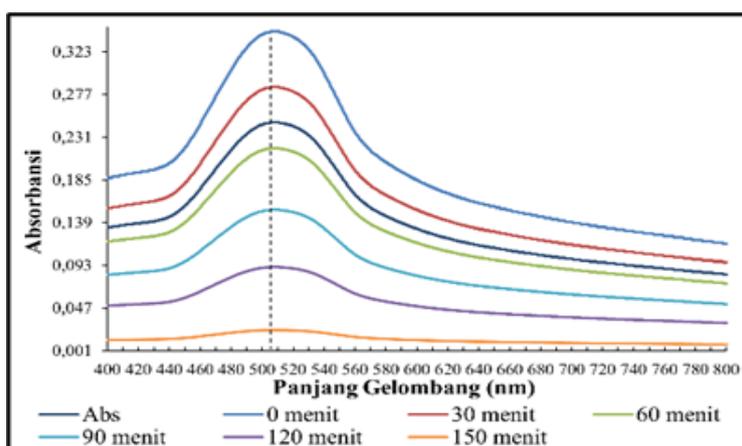
## Hasil Degradasi Tetrasiklin dan Merah Allura



**Gambar 7. Grafik Degradasi Limbah Tetrasiklin.**

Gambar 7 menunjukkan penurunan absorbansi pada panjang gelombang tetrasiklin. Diketahui bahwa puncak serapan tetrasiklin berada pada 267 nm dan 355 nm, yang keduanya menurun seiring bertambahnya waktu penyinaran. Semakin lama penyinaran dilakukan, semakin rendah nilai absorbansi larutan, yang mengindikasikan proses degradasi. Larutan simulasi limbah tetrasiklin berhasil didegradasi hingga 67%, ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi

lebih bening. Gambar 8 menunjukkan penurunan absorbansi pada panjang gelombang merah allura. Puncak serapan merah allura berada pada 506 nm, yang juga menunjukkan penurunan nilai absorbansi seiring bertambahnya durasi penyinaran. Hal ini menunjukkan bahwa larutan simulasi limbah merah allura berhasil didegradasi hingga 79,81%, dengan perubahan visual berupa larutan yang menjadi lebih bening.

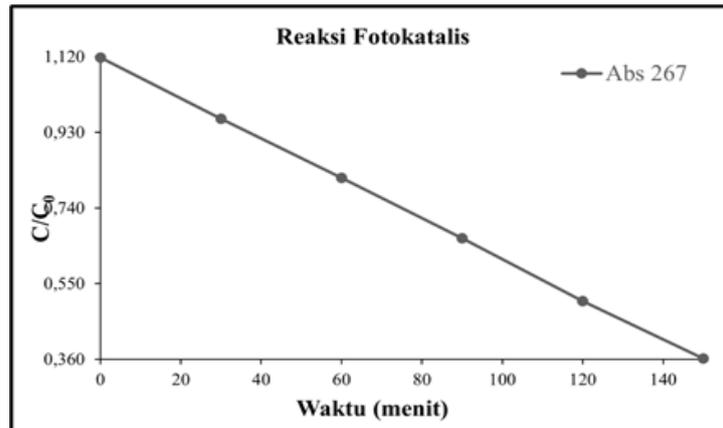


**Gambar 8. Grafik Degradasi Limbah Merah Allura.**

### Kinetika Reaksi Fotokatalis

Penurunan nilai absorbansi menunjukkan laju reaksi yang konstan dan cenderung stabil. Namun, pada akhir waktu penyinaran (120–150 menit), penurunan absorbansi mulai melambat

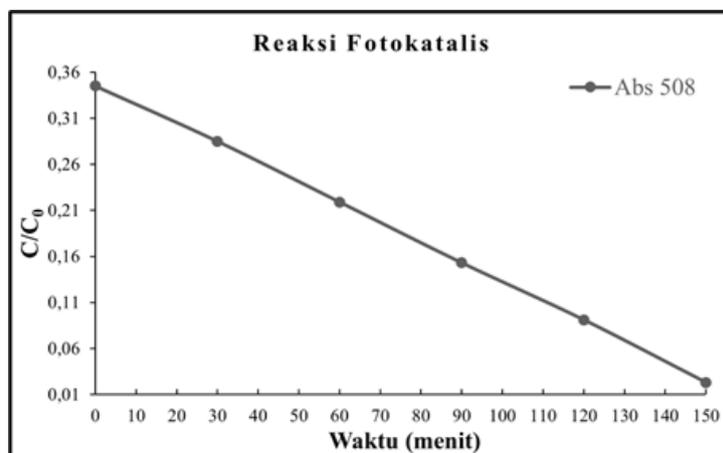
karena larutan simulasi limbah tetrasiklin telah mencapai kondisi jenuh. Pada tahap ini, struktur senyawa tetrasiklin telah terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga penurunan nilai absorbansi menjadi minimal.



**Gambar 9. Grafik Kinetika Reaksi Fotokatalisis Limbah Tetrasiklin.**

Penurunan nilai absorbansi menunjukkan laju reaksi yang konstan dan cenderung stabil. Namun, pada akhir waktu penyinaran (120–150 menit), penurunan absorbansi mulai melambat karena larutan simulasi limbah merah

allura telah mencapai kondisi jenuh. Struktur senyawa merah allura telah terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga penurunan absorbansi menjadi sangat sedikit.



**Gambar 10. Grafik Kinetika Reaksi Fotokatalisis Limbah Merah Allura.**

#### PEMBAHASAN

Degradasi tetrasiklin dan merah allura menggunakan fotokatalis CaO terjadi melalui proses adsorpsi senyawa tersebut ke permukaan partikel katalis, yang secara simultan disertai dengan reaksi oksidasi fotokatalitik. Ketika katalis CaO terkena sinar dengan energi cukup tinggi, elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi, meninggalkan lubang (hole,  $h^+$ ) di pita valensi. Hole ( $h^+$ ) ini akan bereaksi dengan molekul  $H_2O$  atau ion  $OH^-$  di permukaan katalis, membentuk radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ) yang merupakan oksidator kuat. Sementara itu,

elektron ( $e^-$ ) yang tereksitasi akan berinteraksi dengan  $O_2$  membentuk radikal superoksida ( $O_2^{\bullet -}$ ) yang bersifat sebagai reduktor. Oksidator dan reduktor yang terbentuk ini kemudian menyerang molekul tetrasiklin dan merah allura, memecahnya menjadi senyawa sederhana seperti karbon dioksida ( $CO_2$ ), air ( $H_2O$ ), serta beberapa asam dengan konsentrasi rendah (Kodom et al., 2021).

#### KESIMPULAN

Katalis CaO cangkang telur ayam dan cangkang kerang hijau berperan aktif dan efisien dalam proses fotokatalisis.

Diketahui dari proses fotokatalisis berhasil mendegradasi total 67% limbah tetrasiklin dalam larutan dan 75% limbah merah allura dalam larutan. Semakin lama waktu degradasi maka penurunan konsentrasi limbah tetrasiklin akan semakin besar, namun serupa dengan efek penyinaran UV yang efisien, laju penurunan konsentrasi cenderung konstan. Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut, terutama untuk aplikasi pada skala industri, baik besar maupun kecil, mengingat potensi manfaatnya dalam bidang kesehatan dan pengolahan limbah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, J.Ajmeer, Ramganes, S., Kevin, M.,Jeevan, P. (2023). Unveiling the bacterial communities and its potential agricultural applications from organic manure (Panchagavya) using targeted amplicon analysis. *Pol.J. Environ. Stud*, 32, 4953-4961.
- Aji, F. B., Trisnawati, E., & Winarno, T. (2022). Analisis Kandungan Zat Kalium Bromat dan Pewarna Allura Red pada Saus Tomat dan Sambal. *Pharmacy Peradaban Journal*, 2(1), 7-13.
- Alinsafi, A., F. Evenou, E.M. Abdulkarim, M.N. Pons, O. Zahraa, A. Benhammou, A. Nejmeddine.(2007). Treatment of textile of Industry Waste Water by Supported Photocatalysis. *Dyes and pigments-Dye Pigment*.74(2): 439-445.
- Amangelsin, Y., Semenova, Y., Dadar, M., Aljofan, M., Bjørklund, G. (2023). The Impact of Tetracycline Pollution on the Aquatic Environment and Removal Strategies. *Antibiotics*. 12. 440.
- Fatimah, H. (2020). Aktivitas Degradasi Zat Warna Indigosol Biru Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Zeolit Alam. In Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Universitas Islam negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Feronica, S., Ulfa, A.M., Husein, S., (2025). Sintesis Katalis Cao Dari Cangkang Telur Bebek Untuk Degradasi Tetrasiklin Dan Allura Red. *Jurnal Farmasi Malahayati, Vol.8, 1, 179-191*.
- Finley, R.L., et al. (2013). The scourge of antibiotic resistance: the important role of the environment. *Clinical Infectious Diseases*. 57(5):704-710.
- Fitriah, E., Yuyun Maryuningsih, & Roviati, E. (2018). Pemanfaatan Daging dan Cangkang Kerang Hijau ( Perna Viridis ) Sebagai Bahan Olahan Pangan Tinggi Kalsium. *The 7th University Research Colloquium*, 412-423.
- Gosetti, F., Chiuminatto, U., Mazzucco, E., Calabrese, G., Gennaro, M. C., & Marengo, E. (2012). Identification of photodegradation products of Allura Red AC (E129) in a beverage by ultra high performance liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 746, 84-89.
- Jiao, W., Zhou, Q., Li, A., Yao, Z. (2021). Study on Rapid Enrichment Method for New Water Pollutants. *Environ. Sci. Technol*. 44. 216-223.
- Kodom, K., Attiogbe, F., and Kuranchie, F. A.. (2021). Assessment of removal efficiency of pharmaceutical products from wastewater in sewage treatment 67 plants: A case of the sewerage systems Ghana limited, Accra. *Heliyon*, vol. 7, no. 11.
- Leng, Y., Xiao, H., Li, Z., & Wang, J. (2020). Tetracyclines, sulfonamides and quinolones and their corresponding resistance genes in coastal areas of Beibu Gulf, China. *Science of the Total Environment*, 714, 1-9.
- Mahreni, & Sulistyawati, E. (2011). Pemanfaatan Kulit Telur Sebagai Katalis Biodisel Dari Minyak Sawit Dan Metanol. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 1-6.
- Mano, T. et al. (2015). Water treatment efficacy of various metal oxide semiconductors for photocatalytic ozonation under UV and visible light irradiation. *Chemical Engineering Journal*. 264: 221-229.
- Monahan, C., Harris, S., Morris, D., Cummins, E. (2022). A comparative risk ranking of antibiotic pollution from human and veterinary antibiotic usage-An Irish case study. *Sci. Total Environ*. 826.
- Permenkes, (2012). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2012 Tentang Bahan

- Tambahan Pangan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Sanjayadi, & Violita, L. B. (2020). Penetapan Kadar Tetrasiklin dalam Air Limbah dengan High Performance Liquid Chromatography-Photodiode Array Detector (HPLC-PDA). *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 6(2), 237–242.
- Stackelberg, P.E., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Zaugg, S.D., Henderson, A., Reissman, D.B. (2004). Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking-water-treatment plant. *Journal Science of the total environment*. 329 (1-3): 99-133.
- Wang, G.L., Feng, J.L., Luo, L., Lou, L.P. (2019). Distribution, diffuse, and removal of tetracyclines and sulfonamide antibiotic resistance genes in wastewater treatment plant: A review. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 30, 2875–2882.
- Yuliarti, Nurheti. (2007). *Awas Bahaya Dibalik Lezatnya Makanan*. Andi: Yogyakarta
- Yusuf, A. S., Adeniyi, O. D., Olutoye, M. A., dan Akpan U. G. 2018. Development and Characterization of a Composite Anthill-Chicken Eggshell 28 Catalyst for Biodiesel Production from Waste Frying Oil. *International Journal of Technology*. 1: 110-119.