

**SINTESIS KATALIS CaO DARI CANGKANG TELUR BEBEK UNTUK
DEGRADASI TETRASIKLIN DAN ALLURA RED**

**SYNTHESIS OF CaO CATALYST FROM DUCK EGG SHELLS FOR THE
DEGRADATION OF TETRACYCLINE AND ALLURA RED**

Sagita Feronica, Ade Maria Ulfa*, Saddam Husein

Program Studi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Malahayati

*Email korespondensi: adeulfa81@yahoo.co.id

ABSTRACT

In this photocatalysis process, tetracycline waste and CaO catalyst will be mixed so that it is hoped that this photocatalysis process can degrade tetracycline waste and reduce or eliminate contaminants. The results obtained by the duck shell CaO catalyst have quite sharp peak intensities, namely $2\theta = 32.23, 37.39,$ and 53.93 and have absorption in 3 absorption areas, namely $721\text{ cm}^{-1}, 875\text{ cm}^{-1},$ and 1420 cm^{-1} . The simulated solution of tetracycline waste with a concentration of 50 ppm after photocatalysis changes color to become clearer. The simulated Allura red waste solution with a concentration of 50 ppm after photocatalysis changes color to become clearer. The degradation that occurs during the photocatalysis process decreases with the length of the UV lamp copying duration. The conclusion of this research is that the synthesis of CaO catalyst from chicken egg shells produces a CaO catalyst which is able to play a role in accelerating reactions in the photocatalysis process for the degradation of tetracycline waste and allura red waste.

Keywords : Duck eggshell, tetracycline, allura red, photocatalysis

ABSTRAK

Proses fotokatalisis ini limbah tetrasiklin dan katalis CaO akan dicampurkan sehingga diharapkan dari proses fotokatalisis ini dapat mendegradasi limbah tetrasiklin dan membuat kontaminan berkurang atau hilang. Hasil yang diperoleh katalis CaO Cangkang telur bebek memiliki intensitas puncak yang cukup tajam yaitu $2\theta = 32,23, 37,39,$ dan $53,93$ serta memiliki serapan pada 3 daerah serapan yaitu $721\text{ cm}^{-1}, 875\text{ cm}^{-1},$ dan 1420 cm^{-1} . Larutan simulasi limbah tetrasiklin dengan konsentrasi 50 ppm setelah dilakukan fotokatalisis berubah warna menjadilebih bening. Larutan simulasi limbah merah allura dengan konsentrasi 50 ppm setelah dilakukan fotokatalisis berubah warna menjadi lebih bening. Degradasi yang terjadi selama proses fotokatalisis menurun seiring dengan lamanya durasi penyinaran lampu UV. Kesimpulan penelitian ini adalah Sintesis katalis CaO dari cangkang telur ayam menghasilkan katalis CaO yang mampu berperan mempercepat reaksi dalam proses fotokatalisis terhadap degradasi limbah tetrasiklin dan limbah merah allura.

Kata Kunci : Antibiotik, Pengetahuan, Sikap, Puskesmas Tanjung Karang Pusat

PENDAHULUAN

Institusi kesehatan di Indonesia dalam melawan berbagai penyakit antara lain meningkatkan

sistem kesehatan agar rumah sakit, puskesmas dan fasilitas kesehatan lainnya memiliki kelengkapan untuk merawat pasien. Seiring berkembangnya layanan kesehatan, jumlah limbah medis yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam limbah medis yang digunakan dalam alat pelindung diri. Namun, limbah medis juga dapat berupa sampel (darah, air liur, urin), bahan medis, peralatan medis, minuman, dan makanan pasien (Prasetyawan, 2020).

Industri farmasi, air limbah secara umum dihasilkan melalui kegiatan pencucian peralatan. Meskipun air limbah yang dibuang dalam volume kecil tetapi memiliki sifat yang berbahaya bagi lingkungan karena adanya sejumlah besar polutan organik. Selama proses pembuatan obat-obatan, beragam limbah dan kontaminan dihasilkan seperti bahan organik, puing, kotoran, pasir, polusi, bahan beracun, tidak beracun, dan polimer. Karakterisasi air limbah dievaluasi dalam hal suhu, pH, padatan tersuspensi total (TSS), total padatan terlarut (TDS), kebutuhan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimiawi (COD), minyak dan lemak, klorida dan sulfat untuk influen dan efluen. Industri farmasi

menghasilkan limbah cair yang memiliki karakteristik beracun dan berbahaya. Kontaminan yang paling beracun adalah obat antibiotik, analgesik, dan anti-inflamasi. Kehadiran limbah berbahaya ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada lingkungan terutama air permukaan (Stackelberg *et al.*, 2004). Limbah antibiotik yang mengkontaminasi air mempunyai dampak toksisitas langsung pada manusia yang meminum air tersebut (Martinez, 2009). Limbah antibiotik yang berada di dalam air dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem mikroba dan hewan di dalam air (Finley *et al.*, 2013).

UUD Pasal 59 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa setiap orang yang menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) wajib melakukan pengelolaan limbah yang dihasilkannya dan dalam hal setiap orang tidak mampu melakukan sendiri pengelolaan limbah, pengelolaannya diserahkan kepada pihak lain yang memiliki izin sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Dalam praktik pengelolaan Limbah Medis Fasilitas Pelayanan Kesehatan, masih terdapat beberapa kendala antara lain terbatasnya perusahaan

pengolah limbah B3 yang sudah mempunyai izin, yaitu baru terdapat 12 perusahaan yang berada di Pulau Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Jumlah perusahaan tersebut sangat kurang jika dibandingkan dengan jumlah Fasilitas Pelayanan Kesehatan di Indonesia, seperti jumlah rumah sakit sebanyak 2.893 rumah sakit dan 9.993 Puskesmas (Kemenkes RI, 2019) serta fasilitas pelayanan kesehatan lainnya. Sementara itu timbulan limbah yang dihasilkan dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan khususnya rumah sakit dan Puskesmas sebesar 296,86 ton/hari (Kemenkes, 2019), namun di sisi lain kapasitas pengolahan yang dimiliki oleh pihak ketiga baru sebesar 151,6 ton/hari.

Permasalahan diatas perlu dilakukan penelitian perihal pemutusan cincin tetrasiklin untuk menekan seminimal mungkin dampak pencemaran lingkungan oleh limbah yang berasal dari limbah industri farmasi yang memproduksi antibiotik. Solusi pemutusan cincin tetrasiklin ini dapat dilakukan dengan mendegradasi limbah tetrasiklin dengan katalis CaO dari cangkang telur bebek menggunakan metode fotokatalisis.

Cangkang telur merupakan bagian struktur telur yang berperan untuk melindungi isi telur. Cangkang

telur unggas memiliki tiga lapisan yaitu kutikula, lapisan stratum dan lapisan membran. Cangkang telur bebek tersusun dari 94% kalsium karbonat, 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fosfor dan 4% bahan organik terutama protein. Kandungan kalsium cangkang telur bebek lebih tinggi daripada telur lainnya.

Fotokatalisis bekerja dengan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, dalam prosesnya akan terbentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang akan bereaksi reduksi oksidasi dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan terpisahkan dari limbah cair dan kembali menjadi jernih (Mano *et al.*, 2015). Pada proses fotokatalisis ini limbah tetrasiklin dan katalis CaO akan dicampurkan sehingga diharapkan dari proses fotokatalisis ini dapat mendegradasi limbah tetrasiklin dan membuat kontaminan berkurang atau hilang.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang yang digunakan pada penelitian ini adalah alat gelas laboratorium, *muffle furnace*, cawan krus, tang krus, ayakan 200 mesh, mortar dan stamper, kertas saring, *hot plate*, neraca analitik, *X-Ray Diffraction* (XRD) merk Bruker Axs

D8 Advance Eco, *Scanning Electron Microscope* (SEM) merk JSM-6510LA, *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR) merk Thermo Scientific Nicolet iS10, *Magnetic Stirrer*, Lampu *Ultra-Violet* (UV), Spektrofotometer UV-Vis merek Shimadzu 2450. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang Telur Bebek, HCl, Akuades, Tetrasiklin.

Sintesis CaO dari Cangkang Telur Bebek

Bahan yang digunakan untuk sintesis kalsium oksida (CaO) adalah cangkang telur bebek. Cangkang telur dicuci dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada temperatur 45°C (sampai berat konstan), kemudian cangkang telur bebek dihaluskan sampai menjadi serbuk menggunakan mortar dan stamper. Langkah berikutnya untuk menyeragamkan ukuran, serbuk diayak dengan ayakan berukuran 200 mesh (Mahreni, 2011). Serbuk 200 mesh kemudian dikalsinasi di dalam *furnace* dengan temperatur 900°C selama 2 jam. Kalsinasi ini akan menghasilkan katalis CaO yang kemudian akan digunakan dalam proses degradasi limbah tetrasiklin.

Karakteristik CaO

Karakteristik CaO dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu:

a. Karakterisasi struktur katalis CaO

dilakukan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dengan observasi dilakukan pada sudut 2θ (5-50°).

b. Karakterisasi gambar permukaan material katalis CaO dilakukan dengan SEM (*Scanning Microscopy Electron*).

c. Karakterisasi sifat-sifat molekul dari katalis CaO dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

Eksperimen Fotokatalisis

a. Larutan HCl 0,1 N

HCl pekat dengan konsentrasi 37 % dipipet sebanyak 8,3 mL dilarutkan dengan akuades sebanyak 250 mL di dalam labu ukur 1000 mL, labu ukur dikocok sebentar kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas.

b. Pembuatan Larutan Induk Tetrasiklin 500 ppm

Tetrasiklin sebanyak 0,5 gram dilarutkan dengan HCl 0,1 N, lalu larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditandabatkan, sehingga diperoleh larutan induk tetrasiklin dengan kadar 500 ppm.

c. Pembuatan Larutan Simulasi Limbah Tetrasiklin

Larutan simulasi limbah tetrasiklin dibuat dengan menimbang 500 mg tetrasiklin dilarutkan dengan HCl 0,1 N sebanyak 1000 mL sehingga diperoleh larutan simulasi limbah

tetrasiklin dengan konsentrasi 500 ppm. Larutan simulasi limbah tetrasiklin dipipet 25 mL diencerkan dengan HCl 0,1 N sebanyak 250 mL, sehingga diperoleh larutan sampel tetrasiklin dengan konsentrasi 50 ppm (Martins *et al*, 2016).

d. *Operating Time*

Larutan sampel tetrasiklin 30 ppm yang telah dibuat kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang yang telah diketahui hingga diperoleh larutan yang stabil. *Operating time* adalah waktu yang dibutuhkan suatu senyawa untuk bereaksi dengan senyawa lain hingga mencapai produk yang stabil, *operating time* dilakukan untuk mengetahui waktu pengukuran suatu senyawa yang diperoleh saat absorbansi paling stabil. *Operating time* dilihat dari kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang.

e. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Tetrasiklin

Penentuan panjang gelombang maksimum diawali dengan pengukuran blanko dengan HCl 0,1 N menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang maksimum tetrasiklin dilakukan dalam rentang 200-800 nm. Larutan sampel tetrasiklin 30 ppm yang telah dibuat kemudian diukur absorbansinya menggunakan

Spektrofotometer UV-Vis, sehingga akan diperoleh panjang gelombang tertinggi/maksimum. Panjang gelombang maksimum diperoleh dari nilai absorbansi tertinggi.

f. Penentuan Kurva Larutan Standar Tetrasiklin

Larutan standar tetrasiklin yang sudah dibuat kemudian diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sebelumnya sudah didapatkan. Masing-masing absorbansi setiap konsentrasi yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar (ppm) dan sumbu y sebagai absorbansi yang dihasilkan dari larutan standar. Melalui grafik diperoleh persamaan regresi linier $y = ax + b$.

g. Degradasi Simulasi Limbah Tetrasiklin

Proses degradasi tetrasiklin diawali dengan mencampurkan 200 mL larutan simulasi limbah tetrasiklin 50 ppm dengan 50 mg serbuk katalis CaO (Martins *et al.*, 2016). Campuran kemudian diletakkan di atas *magnetic stirrer*. Campuran lalu disinari dengan sinar UV. Penelitian ini menggunakan lampu UV sebagai sumber sinar UV. Campuran ini diiradiasi di bawah sinar UV selama 150menit (Wu *et*

al., 2019).

h. Pengambilan Sampel Tetrasiklin

Pengambilan sampel dilakukan setiap 30 menit sekali yaitu pada menit 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Sampel yang telah diambil kemudian disaring menggunakan kertas saring dan

dimasukan ke dalam *tube*. Sampel tersebut kemudian diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang telah ditentukan, yaitu pada daerah UV (200-400 nm). Ilustrasi reaktor fotokatalisis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Reaktor Fotokatalisis (Martins *et al.*, 2016)

i. Pembuatan Larutan Induk Merah Allura

Pembuatan larutan induk merah allura 1000 ppm dilakukan melarutkan merah allura sebanyak 1 gram dengan akuades sebanyak 1000 mL.

j. Pembuatan Larutan Standar Merah Allura

Larutan induk merah allura 1000 ppm dipipet 2 mL diencerkan dengan akuades sebanyak 20 mL sehingga mendapatkan konsentrasi akhir sebesar 100 ppm. Larutan merah allura 100 ppm dipipet masing-masing 2; 4; 6; 8; dan 10 mL. sehingga diperoleh konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50

ppm.

k. Prosedur Pembuatan Fotokatalisis

Di dalam gelas tabung yang berisi larutan merah allura diletakkan 1 lampu UV. Larutan merah allura disirkulasi dari reservoir menuju reaktor. Laju alir yang digunakan dalam percobaan dibuat tetap sekitar 100ml/menit.

l. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Merah Allura Larutan sampel merah allura

30 ppm yang telah diukur nilai absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, kemudian diperoleh panjang gelombang maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum merah allura

dilakukan dalam rentang panjang gelombang 400-800 nm. Panjang gelombang maksimum didapatkan dari nilai absorbansi paling tinggi.

m. Operating Time

Larutan sampel merah allura 30 ppm diukur nilai absorbansi panjang gelombang menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Operating time* dilakukan pada interval waktu selama 30 menit untuk mengukur absorbansi pada larutan. *Operating time* dilihat dari antara absorban dengan panjang gelombang

n. Penentuan Kurva Larutan Standar Merah Allura

Larutan standar merah allura yang sudah dibuat diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Masing-masing absorbansi konsentrasiyang diperoleh dibuat menggunakan kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi dan sumbu y sebagai absorbansinya. Persamaan garis regresi linier $y=a+bx$ dengan nilai $r >0,999$.

o. Pengambilan Limbah Merah Allura (*sampling*)

Pengambilan pada sampel dilakukan setiap 30 menit sekali yaitu pada menit 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring dan dimasukkan kedalam tube. Kemudian sampel diukur

menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum yang diperoleh 400- 800 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

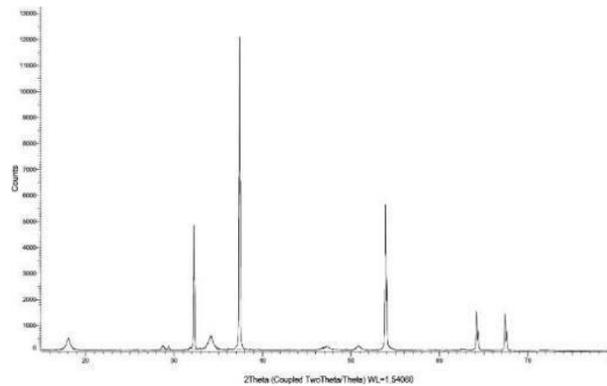
Hasil Sintesis Katalis CaO Cangkang Telur Bebek

Hasil sintesis katalis CaO cangkang telur bebek diketahui berhasil membentuk katalis CaO setelah dilakukan proses kalsinasi pada temperatur 900°C. Serbuk cangkang telur bebek yang didapatkan pada peneltian ini sebanyak 30,7 g, setelah dilakukan kalsinasi beratnya berkurang menjadi 18,5 g. Persen rendemen katalis CaO yang dihasilkan pada penelitian ini sebanyak 60%.

Karakterisasi Katalis CaO dengan XRD

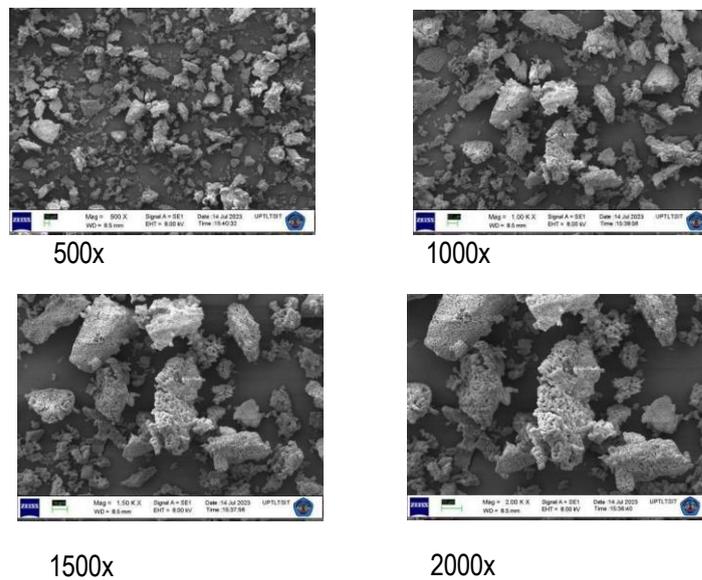
Gambar 2 menunjukkan bahwa katalis CaO Cangkang telur bebek memiliki intensitas puncak yang cukup tajam yaitu $2\theta = 32,23, 37,39,$ dan $53,93$. Mengacu pada data CaO standar menurut JCPDS Nomor 821691 yaitu pada $2\theta = 33,20, 36,81,$ dan $54,89$ maka intensitas puncak katalis CaO Cangkang telur bebek memiliki hasil yang cukup baik dan tajam. Tingkat intensitas menunjukkan tingkatan kekristalannya, semakin tinggi intensitas maka kekristalannya

semakin baik.



2Theta (Couple Two Theta/Theta) WL=1.54060

Gambar 2. Hasil XRD Katalis CaO Cangkang Telur Bebek Hasil Karakterisasi Katalis CaO dengan SEM



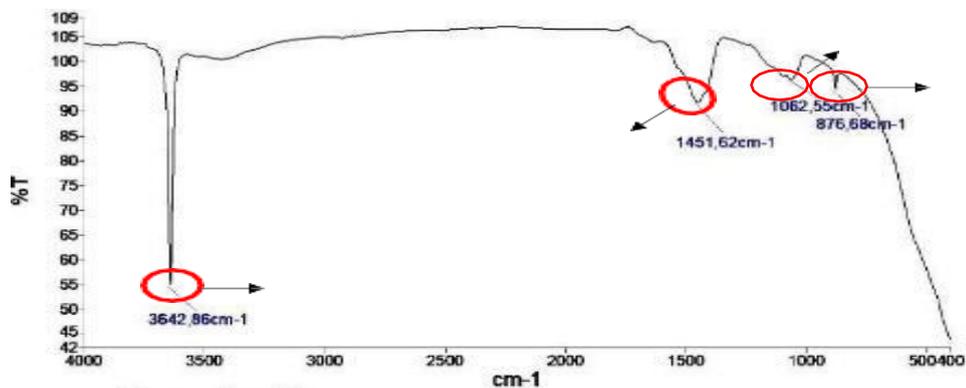
Gambar 3. Hasil SEM Katalis CaO Cangkang Telur Bebek

Gambar 3 menunjukkan katalis CaO cangkang telur bebek yang terbentuk memiliki ukuran mencapai mikrometer (nanopartikel) dan memiliki bentuk yang seragam yaitu menyerupai batang. Kalsinasi pada temperatur 900°C menyebabkan konversi CaCO_3 menjadi CaO membuat ukuran partikel menjadi

lebih kecil, Teratur, dan distribusi partikel lebih seragam. Menurut Yusuf *et al.* (2018), dari analisis SEM setelah kalsinasi suhu 900°C menunjukkan bentuk yang beraturan dan memiliki permukaan yang cenderung datar, partikel besar telah terurai menjadi partikel yang lebih kecil dengan luas permukaan yang

tinggi dan rongga besar. Mengacu pada pernyataan diatas maka hasil SEM katalis CaO cangkang telur bebek yang diuji memiliki hasil yang cukup baik dan identik.

Hasil Karakterisasi Katalis CaO dengan FTIR



Gambar 4. Hasil FTIR Katalis CaO Cangkang Telur Bebek

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa sampel katalis CaO cangkang telur bebek memiliki 3 daerah serapan yaitu 721 cm^{-1} , 875 cm^{-1} , dan 1420 cm^{-1} . keberadaan pita serapan pada daerah 1420 cm^{-1} dan 875 cm^{-1} dapat dikaitkan dengan puncak karakteristik CaO. Hasil serapan FTIR katalis CaO cangkang telur bebek pada

penelitian ini memiliki hasil yang serupa dengan serapan FTIR dari katalis CaO standar pada Gambar 4.

Hasil Fotokatalisis Limbah Tetrasiiklin menggunakan Katalis CaO

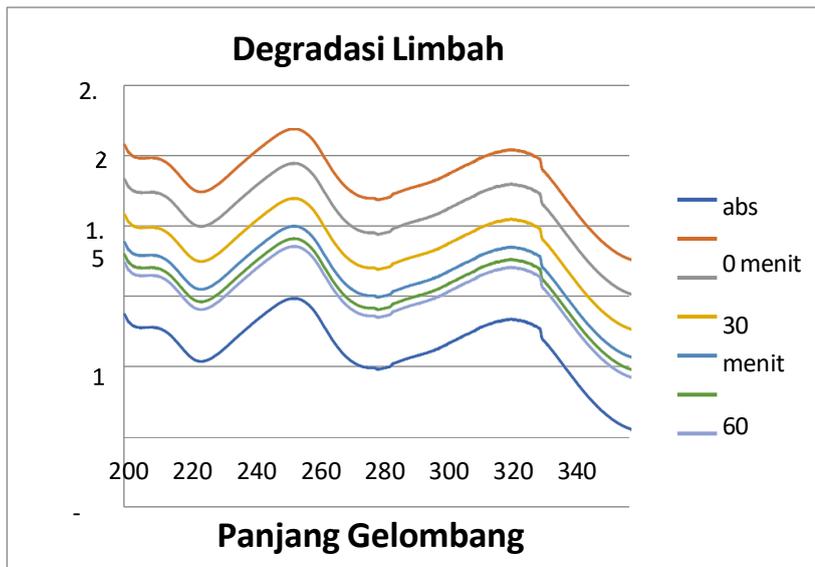
a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Tetrasiiklin yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang gelombang yaitu pada 267 nm.

b. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Limbah Tetrasiiklin

Tabel 1. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Limbah Tetrasiiklin

Waktu Degradasi (menit)	Absorbansi pada λ 267 nm	Persen Degradasi Tetrasiiklin
0	2,030	0,000
30	1,786	12,056
60	1,538	24,309
90	1,326	34,785
120	1,128	44,569
150	0,962	52,772



Gambar 5. Grafik Degradasi Tetrasiklin 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit.

Degradasi limbah tetrasiklin juga dapat diamati dari penurunan absorbansi pada panjang gelombangnya. Gambar 5 menunjukkan penurunan absorbansi panjang gelombang tetrasiklin, diketahui puncak panjang gelombang tetrasiklin 267 nm dan 355 nm.

Hasil Fotokalisis Limbah Merah Allura menggunakan Katalis CaO

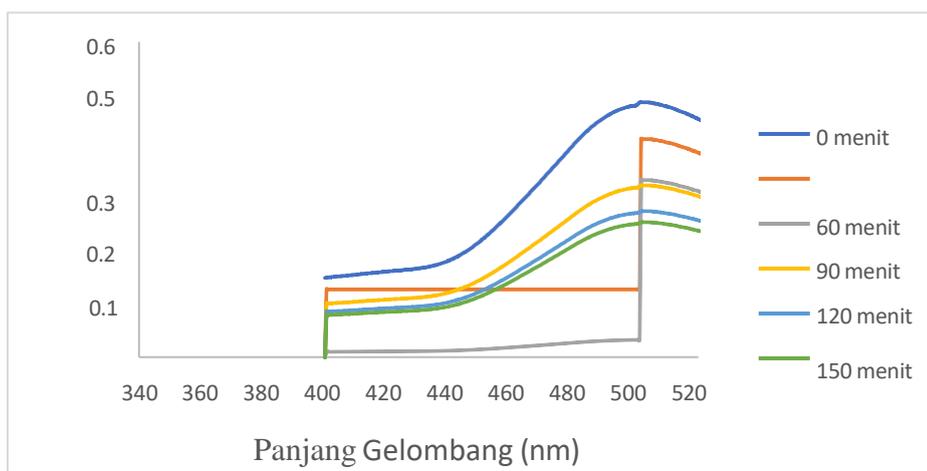
a. Penentuan Panjang Gelombang

Penentuan panjang gelombang maksimal bertujuan untuk agar absorbansi sampel berada pada panjang gelombang maksimum sehingga didapat hasil yang maksimal. Pada penelitian ini, panjang gelombang maksimal dari merah allura adalah 501 nm.

b. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Limbah Merah Allura

Tabel 2. Hasil Absorbansi dan Persen Degradasi Limbah Merah Allura

Waktu Degradasi (menit)	Absorbansi pada λ 501 nm	Persen Degradasi Merah Allura (%)
0	0,485	0,00
30	0,415	14,848
60	0,337	31,394
90	0,327	33,158
120	0,278	43,9
150	0,257	48,366



Gambar 6. Grafik Degradasi Merah Allura

Degradasi limbah merah allura juga dapat diamati dari penurunan absorbansi pada panjang gelombangnya. Gambar 6 menunjukkan penurunan absorbansi panjang gelombang merah allura, diketahui puncak panjang gelombang merah allura 501 nm menurun seiringan dengan lamanya waktu penyinaran, semakin lama waktu penyinaran maka nilai absorbansi panjang gelombang dalam larutannya semakin menurun seperti pada Gambar Lampiran 2. Larutan simulasi limbah merah allura telah berhasil didegradasi sebanyak 48,366% dan membuatlarutan menjadi lebih bening.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sintesis katalis CaO dari cangkang telur ayam menghasilkan katalis CaO yang mampu berperan mempercepat reaksi dalam proses fotokatalisis terhadap degradasi limbah tetrasiklin dan limbah merah allura.
2. Katalis CaO cangkang telur bebek berperan aktif dan efisien dalam proses fotokatalisis. Diketahui dari proses fotokatalisis berhasil mendegradasi total 100% limbah tetrasiklin dalam larutan dan 100% limbah merah allura dalam larutan.
3. 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. Degradasi yang terjadi disebabkan oleh

iradiasi lampu UV dan penggunaan katalis CaO sebanyak 0,5 g pada reaktor fotokatalitik. Penyinaran lampu UV dalam jangka waktu lama akan menghasilkan lebih banyak radikal OH dan katalis CaO lebih teraktivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Finley, R.L., *et al.* 2013. The scourge of antibiotic resistance: the important role of the environment. *Clinical Infectious Diseases*. 57(5):704–710.
- Griffin, M.O., Fricovsky, E., Ceballos, G. and Villareal, F. 2010. Tetracycline: A Pleiotropic Family of Compounds with Promising Therapeutic Properties. Review of the literature. *Am Jurnal Physiol Cell Physiol*. 299(3): 539-548.
- Hidayati, N., Ariyanto, T.S., & Septiawan, H. 2017. Transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan katalis kalium oksida. *Jurnal teknologi bahan alam*. 1(1): 1-5.
- Kemenkes RI. 2019. *Profil Kesehatan Indonesia 2019*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Liu, X., Chen, X., & Chen, Q. 2020. Synthesis of CaO catalysts from eggshells for the photocatalytic degradation of tetracycline waste. *Materials Research Express*. 7(6).
- Mahreni dan Sulistyawati, S.E. 2011. Pemanfaatan Kulit Telur Sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Martinez, J.L. 2009. The role of natural environments in the evolution of resistance traits in pathogenic bacteria. *Proc Biol Sci*. 276(1667):2521-2530. doi: [10.1098/rspb.2009.0320](https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0320).
- Martins, A.C., *et al.* 2016. Sol-gel synthesis of new TiO₂/activated carbon photocatalyst and its application for degradation of tetracycline. *Ceramics International*. 43(5). DOI:[10.1016/j.ceramint.2016.12.088](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.12.088).
- 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.
- Nurhasnawati, H.; Jubaidah, S.; Elfia, N. 2016. Penentuan Kadar Residu Tetrasiklin HCl pada Ikan Air Tawar yang Beredar di Pasar Segiri Menggunakan Metode Spektrofotometri UV. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 2(2):173-178.
- Haruno, S.; Mikrajuddin, A.; Khairurrijal; Hernawan, M. 2009. Pelapisan Nanomaterial TiO₂ Fase Anatase Pada Nilon Menggunakan Bahan Perekat Aica Aibon Dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Edisi khusus Januari 2009: 50-52.
- Prasetyawan, T. 2020. Permasalahan Limbah Medis Covid-19 Indonesia. *Info Singkat*, Vol.

XII, No. 9/I/Puslit/Mei/2020.

894-902.

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.

Wu, S.; Hu, H.; Lin, Y.; Zhang, J.; Hu, Y.H. 2019. Visible Light Photocatalytic Degradation of Tetracycline Over TiO₂. *Chemical Engineering Journal*. 382: 76.

Yusuf, A. S., Adeniyi, O. D., Olutoye, M. A., dan Akpan U. G. 2018. Development and Characterization of a Composite Anthill-Chicken Eggshell Catalyst for Biodiesel Production from Waste Frying Oil. *International Journal of Technology*. 1: 110-119.

Zahara, A., Bhernama, B.G., Harahap, M.R. 2020. Literature Review: Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Sintesis Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Telur. *AMINA Ar-Raniry Chemistry Journal*. 2(2).

Zhang, Y., Sun, Y., & Zhang, L. 2019. Photocatalytic degradation of tetracycline by eggshell-derived CaO: effect of calcination temperature. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(23): 23827-23836.

Zhang, Y., Sun, Y., & Zhang, L. 2018. Eggshell-derived CaO photocatalyst for the degradation of tetracycline. *Applied Surface Science*. 446: