Komposit ZnO/Bengkuang untuk Aplikasi Sensor *Tetracycline* dalam Air

PPMI FMIPA ITB

Akfiny Hasdi Aimon[1], Yudi Darma[1], Khairurrijal[1], Neni Surtiyeni[1], Dhewa Edikresnha[1], Dian Ahmad Hapidin[1], Muhammad Arief Mustajab E. M.[1], William Xaveriano Waresindo[1], Salma Aridha Muflihah[1], Muhammad Ilham Gusti Y[1].

[1] Kelompok Keilmuan Fisika dan Teknologi Material Maju, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

Abstrak

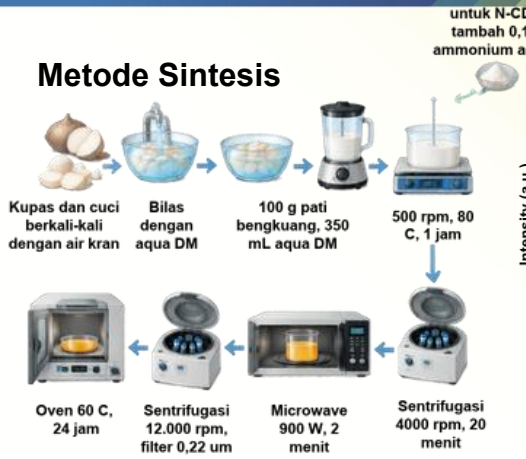
Pencemaran residu antibiotik tetrasiklin di lingkungan perairan berisiko memicu resistensi mikroba sehingga memerlukan sistem sensor dan remediasi yang efektif. Sebagai basis pengembangan sensor berbasis komposit ZnO/bengkuang, penelitian ini mengkaji karakteristik dan performa fotokatalitik *Carbon Dots* (CDs) dan Nitrogen-*doped Carbon Dots* (N-CDs) berbahan dasar ekstrak umbi bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) untuk mendegradasi tetrasiklin di bawah cahaya tampak. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan puncak serapan pada panjang gelombang 291 nm (N-CDs) dan 292 nm (CDs) yang bersesuaian dengan transisi elektronik $\pi \rightarrow \pi^*$ ikatan aromatik C=C. Spektrum PL memperlihatkan puncak emisi pada 510 nm dengan intensitas yang jauh lebih tinggi pada N-CDs, mengindikasikan terbentuknya keadaan emisi permukaan akibat doping nitrogen, sedangkan intensitas PL yang lebih rendah pada CDs mencerminkan penekanan laju rekombinasi pasangan elektron–hole. Analisis FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi hidroksil (–OH), karbonil (C=O), serta gugus C=C. Uji aktivitas fotokatalitik di bawah iradiasi cahaya tampak selama 300 menit menghasilkan efisiensi degradasi tetrasiklin sebesar 21,98% untuk N-CDs dan 11,85% untuk CDs. Hasil ini menunjukkan potensi bagi CDs dan N-CDs untuk dikembangkan menjadi sensor tetrasiklin.

Kata kunci: *Carbon dots,* N-*doped carbon dots, Pachyrhizus erosus,* fotodegradasi cahaya tampak, tetrasiklin.

Pendahuluan

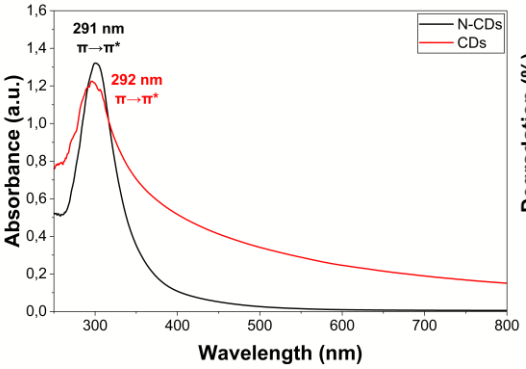
Peningkatan konsumsi antimikroba memicu lonjakan pencemaran residu antibiotik tetrasiklin di lingkungan perairan yang berisiko menimbulkan resistensi mikroba, sehingga diperlukan sistem deteksi dan remediasi yang efektif. Semikonduktor ZnO berpotensi tinggi dikembangkan sebagai material aktif sensor karena stabilitas kimia dan mobilitas elektronnya yang baik. Namun, celah pitanya yang lebar (~3,37 eV) membatasi respons ZnO hanya pada sinar ultraviolet serta rentan mengalami rekombinasi pasangan *electron–hole*. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, konversi ekstrak umbi bengkuang menjadi CDs dan N-CDs melalui proses sintesis hijau menawarkan modifikasi permukaan ramah lingkungan yang dapat memperlebar serapan ke spektrum cahaya tampak, menghasilkan pendaran optik, dan menyediakan gugus fungsi aktif untuk mengikat molekul tetrasiklin. Oleh karena itu, sebagai tahap awal pengembangan sensor tetrasiklin berbasis komposit ZnO/bengkuang, penelitian ini berfokus pada proses sintesis, karakteristik optik dan gugus fungsi, serta performa degradasi fotokatalitik tetrasiklin oleh CDs dan N-CDs bengkuang di bawah iradiasi cahaya tampak untuk mengkonfirmasi kemampuan menerima cahaya tampak dan interaksinya terhadap analit target.

Metode Sintesis

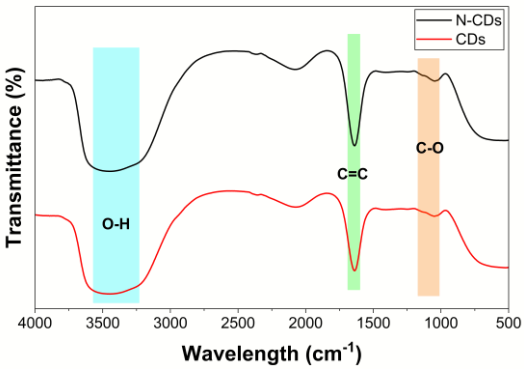


Gambar 1. Metode sintesis CDs dan N-CDs.

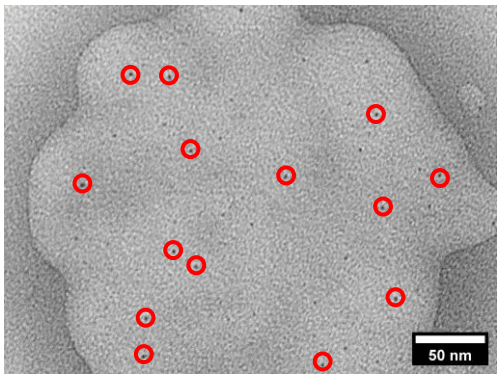
Hasil dan Diskusi



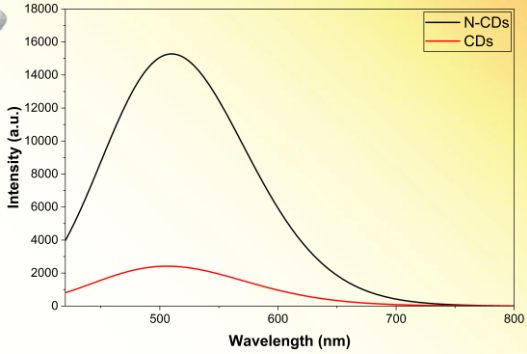
Gambar 2. Kurva absorbansi CDs dan N-CDs.



Gambar 3. Spektrum FTIR CDs dan N-CDs.

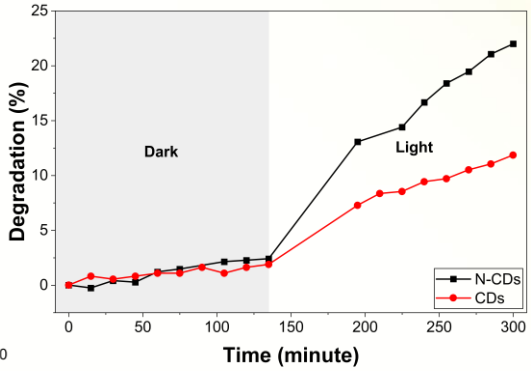


Gambar 4. TEM dari N-CDs.



Gambar 5. Kurva fotoluminesensi CDs dan N-CDs.

CDs menunjukkan indikasi penghambatan *electron-hole,* sedangkan N-CDs menyiratkan terbentuknya keadaan emisi permukaan.



Gambar 6. Performa degradasi tetrasiklin di bawah cahaya tampak.

Di bawah iradiasi cahaya tampak selama 300 menit, N-CDs dan CDs masing-masing menunjukkan kemampuan degradasi tetrasiklin sebesar 21,98% dan 11,85%.

Simpulan

- CDs dan N-CDs bengkuang berhasil disintesis melalui bantuan microwave dengan puncak serapan UV-Vis 291–292 nm, emisi PL 510 nm, serta gugus fungsi aktif permukaan hidroksil, karbonil, dan karboksil.
- Citra TEM menunjukkan titik-titik CDs dengan ukuran < 10 nm.
- Iradiasi cahaya tampak selama 300 menit mendegradasi tetrasiklin sebesar 21,98% untuk CDs dan 11,85% untuk N-CDs.
- Sifat optik dan interaksi permukaan memvalidasi pemilihan CDs/N-CDs bengkuang untuk diintegrasikan dengan ZnO sebagai sensor tetrasiklin.

Referensi

Nallayagari, A.R et al. Tuneable properties of carbon quantum dots by different synthetic methods. J Nanostruct Chem 12, 565–580 (2022). https://doi.org/10.1007/s40097-021-00431-8