UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Sulfur Introduction to N-Doped Carbon Quantum Dots Sensitized to ZnO Nanoflowers (ZnO/N,S-CQDs) for
Degradation of Malachite Green under Visible Light**
METHA ALMAIDA, Akhmad Syoufian, S.Si., Ph.D.; Prof. Indriana Kartini, S.Si, M.Si, Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SULFUR INTRODUCTION TO N-DOPED CARBON QUANTUM DOTS SENSITIZED IN ZnO NANOFLOWERS (ZnO/N,S-CQDs) FOR DEGRADATION OF MALACHITE GREEN UNDER VISIBLE LIGHT

Metha Almaida
20/459314/PA/19975

ABSTRACT

Novel visible-light responsive nitrogen, sulfur co-doped carbon quantum dots sensitized to ZnO nanoflower (ZnO/N,S-CQDs) composites with a significantly enhanced photocatalytic degradation performance on malachite green (MG) were successfully synthesized. This study orient toward 3 purposes: determining the effect of the sequential addition of N-CQDs derived from *Citrus aurantifolia* on band gap energy characteristics in ZnO nanocomposites, investigating the impact of sulfur introduction in N-CQDs on the structural and optical properties of ZnO/N,S-CQDs, and evaluating the photocatalytic efficiency of the synthesized composites on the degradation of MG dye under visible light irradiation.

The composites were prepared using a three-step hydrothermal method, following green chemistry principles. The synthesized CQDs were first characterized using photoluminescence (PL) spectroscopy, which revealed an increased carrier separation efficiency in N,S-CQDs compared to N-CQDs. Advanced characterization techniques including TEM, SEM-EDX, XRD, FT-IR, and SRUV were employed to elucidate the structural, morphological, and optical modifications induced by the embedding of CQDs into ZnO. These analyses confirmed the successful synthesis of the ZnO/N,S-CQDs composites.

Under visible light irradiation, the ZnO/N,S-CQDs composites exhibited remarkable photocatalytic degradation efficiency, achieving a degradation removal of 94.47% of MG dye. The degradation process adhered to the pseudo-first-order rate constant using the Langmuir-Hinshelwood model, with a rate constant (k) 0.0164 min^{-1}, significantly higher than the rest of the synthesized composites, indicating a substantial improvement in photocatalytic activity. These findings demonstrate that the introduction of N,S-CQDs plays a pivotal role in enhancing the photocatalytic performance of ZnO, making it a promising approach for the development high-performance photocatalyst for environmental remediation.

Keywords: carbon quantum dots, heterogeneous photocatalysis, green chemistry, wastewater treatment.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Sulfur Introduction to N-Doped Carbon Quantum Dots Sensitized to ZnO Nanoflowers (ZnO/N,S-CQDs) for
Degradation of Malachite Green under Visible Light**
METHA ALMAIDA, Akhmad Syoufian, S.Si., Ph.D.; Prof. Indriana Kartini, S.Si, M.Si, Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PENAMBAHAN SULFUR PADA N-DOPED CARBON QUANTUM DOTS YANG DISENTISASI PADA ZnO NANOFLOWER (ZnO/N,S-CQDs) UNTUK DEGRADASI HIJAU MALAKIT DI BAWAH CAHAYA TAMPAK

Metha Almaida
20/459314/PA/19975

INTISARI

Material fotokatalis *carbon quantum dots* terdoping nitrogen sulfur yang disensitisasi terhadap komposit ZnO n*anoflower* (ZnO/N,S-CQDs) dengan kinerja degradasi fotokatalitik yang ditingkatkan secara signifikan untuk hijau malakit telah berhasil disintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mencapai tiga tujuan utama: menentukan efek penambahan bertahap nitrogen-doped carbon quantum dots (N-CQDs) yang berasal dari *Citrus aurantifolia* terhadap karakteristik energi celah pita pada nanokomposit ZnO, menyelidiki dampak pengenalan sulfur dalam N-CQDs terhadap sifat struktural dan optik ZnO/N,S-CQDs, dan mengevaluasi efisiensi fotokatalitik dari komposit yang disintesis dalam mendegradasi pewarna MG di bawah iradiasi cahaya tampak.

Komposit disiapkan menggunakan metode hidrotermal tiga tahap yang mengikuti prinsip kimia hijau. CQDs yang disintesis dikarakterisasi menggunakan spektroskopi fotoluminesensi (PL), yang menunjukkan peningkatan efisiensi pemisahan pembawa muatan pada N,S-CQDs dibandingkan dengan N-CQDs. Teknik karakterisasi selanjutnya termasuk TEM, SEM-EDX, XRD, FT-IR, dan SRUV digunakan untuk menjelaskan modifikasi struktural, morfologi, dan optik yang disebabkan oleh penanaman CQDs ke dalam ZnO. Analisis ini mengonfirmasi keberhasilan sintesis komposit ZnO/N,S-CQDs.

Di bawah iradiasi cahaya tampak, komposit ZnO/N,S-CQDs menunjukkan efisiensi degradasi fotokatalitik MG yang luar biasa, mencapai tingkat degradasi 94,47%. Proses degradasi ini mengikuti kinetika order pertama semu menggunakan model Langmuir-Hinshelwood, dengan konstanta laju (k) sebesar 0,0164 min^{-1}, yang jauh lebih tinggi daripada komposit yang disintesis lainnya, menunjukkan peningkatan substansial dalam aktivitas fotokatalitik. Temuan ini membuktikan bahwa pengenalan N,S-CQD memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja fotokatalitik ZnO, menjadikannya pendekatan yang cukup menjanjikan untuk pengembangan fotokatalis berkinerja tinggi untuk remediasi lingkungan.

Keywords: *carbon quantum dots*, fotokatalisis heterogen, kimia hijau, pengolahan air limbah.