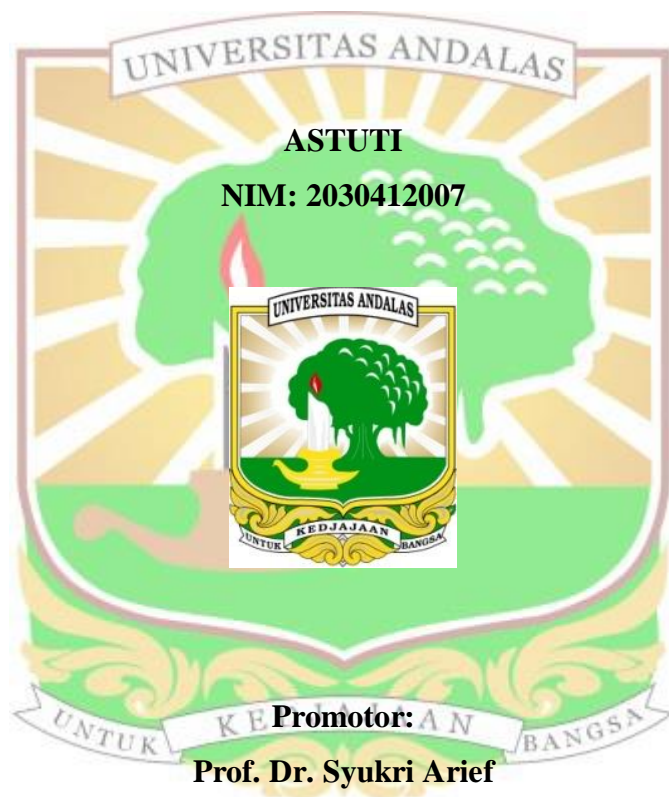


**PENGEMBANGAN NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  BERBASIS KARBON  
SEBAGAI MATERIAL *BIOIMAGING***

**DISERTASI**



**ASTUTI**

**NIM: 2030412007**

**Promotor:**

**Prof. Dr. Syukri Arief**

**Dr.rer.nat. Muldarisnur**

**Prof. Dr. Zulhadjri**

**PROGRAM STUDI S3 ILMU KIMIA  
PASCASARJANA FAKULTAS MIPA  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG, 2023**

**PENGEMBANGAN NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  BERBASIS KARBON  
SEBAGAI MATERIAL BIOIMAGING**

**ASTUTI**

**2030412007**



**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor  
Ilmu Kimia pada Program Studi S3 Ilmu Kimia FMIPA  
Universitas Andalas**

**PROGRAM STUDI S3 ILMU KIMIA  
PASCASARJANA FAKULTAS MIPA  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**2023**

## RINGKASAN

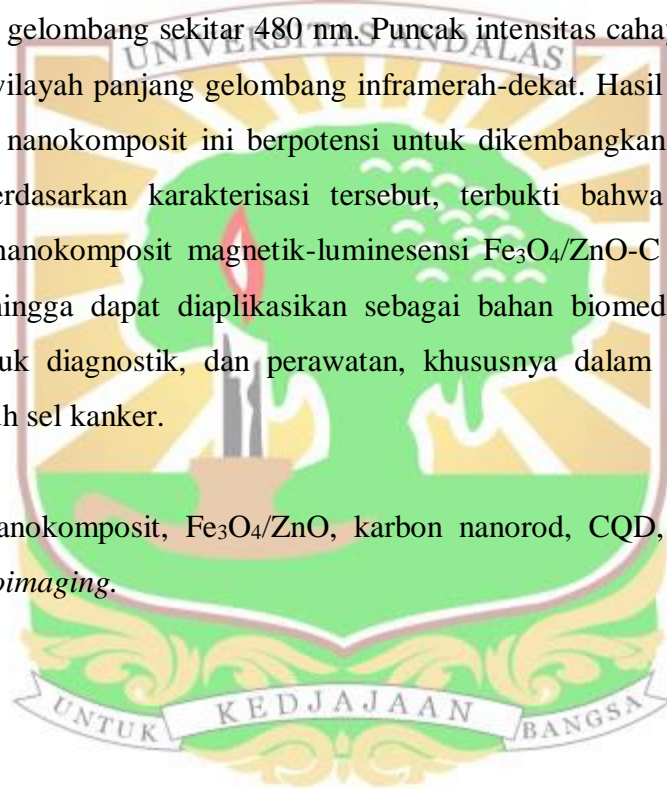
Penelitian, eksplorasi dan aplikasi material maju dalam beberapa tahun terakhir berkembang dengan pesat, termasuk teknologi kesehatan dalam biomedis. Salah satu material tersebut adalah material bioimaging. Teknik bioimaging digunakan sebagai pencitraan dalam diagnosa penyakit seperti kanker, pengontras pada alat magnetic resonance imaging (MRI) untuk mendapatkan gambar organ, tulang, dan jaringan di dalam tubuh secara rinci dan mendalam. Syarat utama material untuk aplikasi bioimaging adalah mempunyai sifat magnet dengan saturasi magnetik yang tinggi dan stabil, sifat optik dengan intensitas luminesensi yang tinggi, dapat terdispersi dengan baik dalam pelarut air dan biokompatibel yaitu tidak bersifat racun bagi manusia. Dalam penelitian ini dikenalkan material baru yang terdiri atas material magnetik dan luminesensi, dengan modifikasi permukaan ZnO. Material tersebut adalah nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dengan rekayasa permukaan ZnO dengan karbon nanorod dan carbon quantum dot (CQD). Rekayasa permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  bertujuan untuk meningkatkan intensitas fotoluminesensi dan mengontrol sifat magnet nanokomposit secara keseluruhan. Sintesis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi, sedangkan pelapisan dengan karbon nanorod dan CQD dilakukan dengan metode sonikasi.

Berdasarkan data karakterisasi yaitu X-Ray Diffractometry (XRD), transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), fourier transform infra red (FTIR), photoluminescence (PL) dan vibrating sample magnetometry (VSM) mengkonfirmasi keberhasilan sintesis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ -C dengan metode kopresipitasi. Modifikasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dapat meningkatkan sifat fotoluminesennya. Hasil XRD menunjukkan terbentuk fasa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan ZnO tanpa adanya fasa pengotor yang ditemukan dalam nanokomposit dan pembentukan struktur core-shell, yang dapat dikonfirmasi dari hasil TEM. Penggandengan (kopling) nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dengan karbon, baik dengan karbon nanorod atau dengan CQD, secara signifikan meningkatkan fotoluminesensi. Penambahan karbon meningkatkan intensitas fotoluminesensi pada daerah panjang

gelombang kuning-jingga, dengan puncak intensitas pada 670 nm. Jumlah karbon yang kecil dapat meningkatkan intensitas PL dan memperluas wilayah pita cahaya tampak menuju inframerah dekat, dengan jumlah karbon optimum yaitu 0,05 g. Sebaliknya, peningkatan jumlah karbon menurunkan intensitas PL. Di sisi lain, nilai saturasi magnet relatif tinggi, dan terjadi penurunan saturasi magnetik dengan peningkatan jumlah karbon nanorod.

Kopling nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dengan CQD dapat meningkatkan intensitas fotoluminesensi UV (NBE) di wilayah panjang gelombang hijau, dengan puncak panjang gelombang sekitar 480 nm. Puncak intensitas cahaya tampak (DLE) bergeser pada wilayah panjang gelombang inframerah-dekat. Hasil ini membuktikan bahwa material nanokomposit ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai material bioimaging. Berdasarkan karakterisasi tersebut, terbukti bahwa sifat optik dan magnetik dari nanokomposit magnetik-luminesensi  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO-C}$  dapat diatur dan disesuaikan sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan biomedis, seperti bahan bioimaging untuk diagnostik, dan perawatan, khususnya dalam terapi fototermal untuk membunuh sel kanker.

**Kata kunci:** nanokomposit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ , karbon nanorod, CQD, fotoluminesensi, *bioimaging*.



## SUMMARY

Research, exploration, and application of advanced materials in recent years have developed rapidly, including health technology in biomedicine. One of these materials is a bioimaging material. Bioimaging techniques are used as imaging in diagnosing diseases such as cancer, contrasting MRI devices to obtain detailed and in-depth images of organs, bones, and tissues in the body. The main requirement for a material for bioimaging applications is to have magnetic properties with high and stable magnetic saturation, optical properties with high luminescence intensity, good dispersion in aqueous solvents, and be biocompatible, that is, non-toxic to humans. In this research, a new material is introduced that consists of magnetic and luminescent materials with modifications to the ZnO surface. The material is a  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  nanocomposite with ZnO surface engineering, carbon nanorods, and carbon quantum dots (CQD). The  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  surface engineering aims to increase the photoluminescence intensity and control the overall magnetic properties of the nanocomposite. The synthesis of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  nanocomposite was carried out using the coprecipitation method, while the coating with carbon nanorods and CQD was carried out using the sonication method.

Based on characterization data, namely X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared (FTIR), photoluminescence (PL), and vibrating sample magnetometry (VSM), the successful synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanocomposites and ZnO-C by coprecipitation method was confirmed. Modification of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  nanocomposite can improve its photoluminescent properties. The XRD results showed the formation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and ZnO phases without any impurities found in the nanocomposite and the formation of a core-shell structure, which can be confirmed from the TEM results. Coupling of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  nanocomposite with carbon, either with carbon nanorods or with CQD, significantly enhances photoluminescence. The addition of carbon increases the photoluminescence intensity in the yellow-orange wavelength region, with a peak intensity at 670 nm.



A small amount of carbon can increase the PL intensity and expand the visible light band region towards the near infrared, with the optimum amount of carbon being 0.05 g. Conversely, increasing the number of carbon atoms decreases the PL intensity. On the other hand, the magnetic saturation value is relatively high, and there is a decrease in magnetic saturation with an increase in the number of carbon nanorods.

Coupling  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  nanocomposites with CQD can increase the intensity of UV photoluminescence (NBE) in the green wavelength region, with a peak wavelength of around 480 nm. The visible light intensity (DLE) peak shifts in the near-infrared region. These results prove that this nanocomposite material has the potential to be developed as abioimaging material. Based on these characterizations, it is evident that the optical and magnetic properties of the magnetic-luminescent  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ -C nanocomposite can be regulated and adjusted so that they can be applied as biomedical materials, such as bioimaging materials for diagnostics and treatment, especially in photothermal therapy to kill cancer cells.

**Keywords:** nanocomposites,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ , carbon nanorods, photoluminescence CQD, bioimaging.

