

GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL KOMPOSIT MAGNETIT (Fe_3O_4 -NPs)/CDs MENGGUNAKAN FERROSULFAT DAN FERRIKLORIDA SERTA *BLACK LIQUID* LIMBAH PENYULINGAN NILAM DAN ARANG AKTIF BAMBU

Oleh

Ketut Arya Wisnawa, NIM 2113081007

Jurusan Kimia Program Studi Kimia

ABSTRAK

Fe_3O_4 -NPs adalah bahan dengan sifat saturasi magnetisasi yang tinggi dan koersivitas yang rendah, sehingga memiliki potensi aplikasi biomedis yang memanfaatkan medan magnet bolak-balik. Namun, kecenderungan nanopartikel ini untuk teraglomerasi dapat menurunkan sifat magnetiknya. Oleh karena itu penambahan CDs dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dispersi dan mencegah aglomerasi partikel, serta mengoptimalkan respons magnetik yang lebih efisien. Dalam penelitian ini, Fe_3O_4 -NPs diperoleh dengan metode *green synthesis* yang memanfaatkan *black liquid* limbah penyulingan nilam sebagai agen penstabil alami. Sementara CDs disintesis dari arang aktif bambu dengan metode hidrotermal. Analisis FTIR menunjukkan serapan khas Fe-O dan penyerapan untuk kelompok fungsional C=C dari CDs. Berdasarkan karakterisasi XRD, Fe_3O_4 -NPs dan Fe_3O_4 -NPs/CDs menunjukkan pola difraksi magnetit dengan puncak-puncak khas dari struktur invers spinel dan pengurangan ukuran kristalit dengan fabrikasi CDs. Morfologi permukaan menunjukkan CDs terdistribusi merata pada Fe_3O_4 -NPs dan meningkatkan kemurnian sampel. Adanya unsur karbon (C) pada Fe_3O_4 -NPs kemungkinan disebabkan oleh penggunaan *black liquid* dalam proses *green synthesis*. *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) digunakan untuk mengukur sifat magnetik material. Fabrikasi CDs terbukti dapat menurunkan nilai magnetisasi saturasi (M_s) dari 53,027 emu/g menjadi 49,278 emu/g, yang diikuti dengan penurunan nilai remanen magnetik (M_r) dari 11,124 emu/g menjadi 9,379 emu/g. Nilai saturasi magnetisasi dan remanen magnetik yang lebih kecil pada komposit Fe_3O_4 -NPs/CDs menunjukkan bahwa material ini dapat mencapai keadaan jenuh magnetik dengan medan magnet yang lebih kecil dalam proses aktivasi magnetiknya. Selain itu, nilai koersivitas (H_c) yang sangat rendah menandakan magnetisasi yang tersisa pada material setelah dikenakan medan magnet eksternal dapat segera dihilangkan, sehingga dapat menghindari risiko terbentuknya aglomerasi antar partikel. Dengan hasil tersebut maka nanokomposit yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki respon magnetik yang lebih optimal dan efisien untuk aplikasi biomedis.

Kata kunci: *Carbon dots* (CDs), Fe_3O_4 -NPs, *Green synthesis*, Limbah penyulingan nilam

**GREEN SYNTHESIS MAGNETITE COMPOSITE NANOPARTICLE
(Fe₃O₄-NPs)/CDs USING IRON (II) SULFATE AND IRON (III)
CHLORIDE AND BLACK LIQUID OF PATCHOULI DISTILLATION
WASTE AND BAMBOO ACTIVATED CHARCOAL**

By

Ketut Arya Wisnawa, NIM 2113081007

Department of Chemistry, Chemistry Study Program

Abstract

Fe₃O₄ nanoparticles possess high saturation magnetization and low coercivity, which makes them well-suited for biomedical applications involving alternating magnetic fields. However, their tendency to agglomerate can reduce their magnetic properties. To address this, carbon dots (CDs) were added to improve dispersion stability, prevent particle agglomeration, and enhance magnetic responsiveness. In this study, Fe₃O₄-NPs were synthesized via a green synthesis method using black liquid derived from patchouli distillation waste as a natural stabilizing agent, while CDs were synthesized from bamboo activated carbon through a hydrothermal method. FTIR analysis revealed characteristic Fe-O vibrations and absorption peaks corresponding to C=C functional groups from the CDs. XRD characterization confirmed that both Fe₃O₄-NPs and Fe₃O₄-NPs/CDs exhibited magnetite diffraction patterns with distinctive peaks of an inverse spinel structure. Surface morphology revealed that the CDs are dispersed on Fe₃O₄-NPs, contributing to the increased purity of the sample. The presence of carbon (C) in the Fe₃O₄-NPs is likely due to the use of black liquid during the green synthesis process. Magnetic properties were evaluated using a VSM. The incorporation of CDs was found to decrease the saturation magnetization (Ms) from 53.027 emu/g to 49.278 emu/g and the remanent magnetization (Mr) from 11.124 emu/g to 9.379 emu/g. The lower Ms and Mr values of the Fe₃O₄-NPs/CDs composite indicate that the material can reach magnetic saturation with a smaller applied magnetic field, enhancing its efficiency during magnetic activation. Additionally, the very low coercivity (Hc) suggests that any residual magnetization can be easily eliminated once the external magnetic field is no longer applied, minimizing the risk of particle agglomeration. These findings demonstrate that the resulting nanocomposite exhibits an optimized and efficient magnetic response suitable for biomedical applications.

Keywords: Carbon dots (CDs); Fe₃O₄-NPs; Green synthesis; Patchouli distillation waste