

## INTISARI

### **GREEN SYNTHESIS FEROFUIDA MAGNETIK SEBAGAI LABEL BIOSENSOR BERBASIS *GIANT MAGNETORESISTANCE***

Oleh

**Husna Ajrina**  
**23/530272/PPA/06724**

Penelitian ini terfokus pada pendeteksian label nanopartikel magnetik (NPM) *green-synthesized* ferrofluida berbasis *Giant Magnetoresistance* (GMR) untuk aplikasi biosensor dengan menyoroti pentingnya analisis mendalam terhadap label magnetik yang tepat serta pengaruhnya terhadap deteksi sinyal. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas label magnetik yang disintesis secara ramah lingkungan terhadap sistem biosensor berbasis chip GMR komersial. Dalam penelitian ini digunakan chip GMR AAL024 yang dikombinasikan dengan rangkaian penguat diferensial sederhana serta mikrokontroler berbasis Arduino untuk memperoleh keluaran tegangan digital yang efisien dan berbiaya rendah. Tiga jenis ferrofluida— $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ —disintesis dengan variasi konsentrasi (5, 10, 15, dan 20 mg/mL) menggunakan teknik *coprecipitation* hijau dengan ekstrak *Moringa oleifera*. Hasil karakterisasi menunjukkan struktur kristal *inverse spinel* dengan susunan *face-centered cubic* (Fd-3m) teramati pada semua sampel, dengan distribusi ukuran partikel rata-rata masing-masing sebesar 6,8 nm, 8,5 nm, dan 9,3 nm untuk  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Sampel juga menunjukkan sifat *soft-ferromagnetic* dengan magnetisasi saturasi sebesar 18,9 emu/g, 38,3 emu/g, dan 54,4 emu/g untuk  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Sensor GMR menunjukkan kemampuan deteksi yang kuat terhadap ferrofluida magnetik, dengan sensitivitas linier terhadap konsentrasi masing-masing ferrofluida. Sensitivitas tertinggi dicapai oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (8,2 mV/(mg/mL)), diikuti oleh  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  (7,7 mV/(mg/mL)) dan  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  (6,8 mV/(mg/mL)), dengan *limit of detection* (LoD) masing-masing 2,4 mg/mL, 3,4 mg/mL, dan 4,1 mg/mL. Medan magnet bias ( $H_b$ ) optimal untuk sensing teridentifikasi pada 4,3 Oe. Hasil ini menunjukkan bahwa partikel dengan magnetisasi bias lebih tinggi menghasilkan medan *stray* yang lebih kuat pada permukaan sensor GMR. Dengan demikian, integrasi sensor GMR komersial dengan *nanofluids* magnetik hasil sintesis hijau memiliki potensi besar untuk meningkatkan deteksi biomolekul.

**Kata Kunci:** Biosensor, *Green Synthesis*, *Giant magnetoresistance*, Ferrofluida  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , dan  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$

## ABSTRACT

### *Green Synthesis Of Magnetic Ferrofluid as A Label For Giant Magnetoresistance-Based Biosensor*

By

**Husna Ajrina**  
**23/530272/PPA/06724**

*This study focuses on the detection of green-synthesized magnetic nanoparticle (MNP) labels using Giant Magnetoresistance (GMR) for biosensor applications, emphasizing the importance of an in-depth analysis of suitable magnetic labels and their effects on signal detection. The objective is to evaluate the performance of environmentally friendly synthesized magnetic labels within a commercial GMR chip-based biosensor system. In this work, an AAL024 GMR chip was integrated with a simple differential amplifier circuit and an Arduino-based microcontroller to obtain an efficient and low-cost digital voltage output. Three types of ferrofluids— $MnFe_2O_4$ ,  $CoFe_2O_4$ , and  $Fe_3O_4$ —were synthesized at varying concentrations (5, 10, 15, and 20 mg/mL) using a green coprecipitation technique with *Moringa oleifera* extract. Characterization results confirmed an inverse spinel crystal structure with a face-centered cubic ( $Fd-3m$ ) arrangement in all samples, and average particle sizes of 6.8 nm, 8.5 nm, and 9.3 nm for  $MnFe_2O_4$ ,  $CoFe_2O_4$ , and  $Fe_3O_4$ , respectively. The samples exhibited soft-ferromagnetic behavior with saturation magnetizations of 18.9 emu/g, 38.3 emu/g, and 54.4 emu/g, respectively. The GMR sensor demonstrated strong detection capability toward the magnetic ferrofluids, showing linear sensitivity with respect to concentration. The highest sensitivity was obtained for  $Fe_3O_4$  (8.2 mV/(mg/mL)), followed by  $CoFe_2O_4$  (7.7 mV/(mg/mL)) and  $MnFe_2O_4$  (6.8 mV/(mg/mL)), with limits of detection (LoD) of 2.4 mg/mL, 3.4 mg/mL, and 4.1 mg/mL, respectively. The optimal bias magnetic field ( $H_b$ ) for sensing was identified at 4.3 Oe. These findings indicate that particles with higher saturation magnetization produce stronger stray magnetic fields on the GMR sensor surface. Overall, the integration of commercial GMR sensors with green-synthesized magnetic nanofluids shows great potential for enhancing biomolecule detection.*

**Keywords:** Biosensor, Green Synthesis, Giant magnetoresistance, Ferrofluids  $Fe_3O_4$ ,  $CoFe_2O_4$ , and  $MnFe_2O_4$