

### ABSTRACT

*Permanent magnet is a support material of electronics equipment. The needs of magnet in Indonesia increase from year to year. Therefore, it is important to study and develop magnet from local raw materials. The iron sand has magnetic properties that can be synthesized to form permanent magnet material. Iron sand at South Coast Yogyakarta is one of the iron ore deposits in Indonesia, which can be developed to permanent magnet materials. The aim of the research is to investigate a feasibility of the iron sand for permanent magnet materials through studying the characteristic of magnetism, physical, and mechanical properties.*

*The methods used in this study to synthesize permanent magnet from the iron sand were mechanical and chemical processes. The mechanical process included ball milling process to obtain fine powder iron sand. The chemical process was conducted by dissolving the iron sand and then it was followed by precipitation process to find the magnetite nanoparticles. The precipitation process was assisted by mechanical vibration with various frequencies of 0, 50, 100, 200 and 500 Hz to obtain various particles size. The permanent magnet material was prepared through oxidizing the magnetite to obtained hematite with various oxidation temperatures of 700, 900, and 1100 °C for 5 hours. The hematite and barium carbonate were mixed and calcined at temperature of 1100 °C for 2 hours to obtain barium hexaferrite. Then the barium hexaferrite was compacted using a pressure of 30 MPa and sintered with various temperatures of 800, 900, 1000, 1100, and 1200 °C for one hour. The characteristics of the specimen were done using Vibrating Sample Magnetometer/VSM, X-Ray Diffraction/XRD, and Transmitted Electron Microscope/TEM. The mechanical properties were determined using Vickers hardness and three-point bending test. Fracture toughness test was conducted using of B3B method. Zirconia powder with different contains of 0, 1, 2, 3, and 5% by weight were added in to the barium hexaferrite to form composite magnet material.*

*The results show that the magnetite nanoparticle sizes decrease with increasing frequency of mechanical vibration. The magnetization increases with decreasing magnetite nanoparticle sizes. The optimum oxidation temperature of magnetite is obtained at a temperature of 900 °C for 5 hours. The magnetization decreases with increasing sintering temperature. However, the coercivity and the maximum energy product are obtained at the sintering temperature of 1100 °C. The highest value on Vickers hardness and flexural strength are found at the sintering temperature of 1200 °C. The magnetism characteristics decrease with increasing of zirconia content on the barium hexaferrite. The highest value on the Vickers hardness, biaxial strength and  $K_{Ic}$  are obtained at the addition of 1% by weight of zirconia. The permanent magnet shows satisfied result for one phase electric generator with eight poles. It can be concluded that the local iron sand has potential application for alternative permanent magnet materials.*

**Keyword: magnet, iron sand, synthesis, mechanical vibration, barium hexaferrite.**

## INTISARI

Magnet permanen adalah bahan pendukung peralatan elektronik. Indonesia membutuhkan magnet dalam jumlah besar, yang dari tahun ke tahun terus meningkat. Oleh karena itu, penting untuk dikaji dan dikembangkan magnet dari bahan lokal. Pasir besi memiliki sifat magnetik yang dapat disintesis untuk menjadi bahan magnet permanen. Pasir besi di Pantai Selatan Yogyakarta adalah salah satu deposit bijih besi di Indonesia, yang dapat diolah menjadi bahan magnet permanen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki kelayakan pasir besi untuk bahan magnet permanen melalui studi karakteristik kemagnetan, sifat fisik, dan sifat mekanik.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sintesis bahan magnet permanen dari pasir besi melalui proses mekanik dan kimia. Proses mekanik melalui penghalusan partikel menggunakan *ball mill* untuk memperoleh serbuk pasir besi yang halus. Proses kimia dilakukan melalui pelarutan pasir besi dan kemudian diendapkan untuk mendapatkan partikel nano magnetit. Proses pengendapan dibantu dengan getaran mekanis dengan berbagai variasi frekuensi yaitu 0, 50, 100, 200 dan 500 Hz, untuk mendapatkan ukuran partikel yang bervariasi. Bahan magnet permanen diperoleh melalui oksidasi magnetit menjadi hematit dengan berbagai suhu oksidasi yaitu 700, 900, dan 1100 °C selama 5 jam. Hematit dan barium karbonat dicampur dan dikalsinasi pada suhu 1100 °C selama 2 jam untuk mendapatkan barium ferrit. Kemudian barium heksaferit tersebut dipadatkan dengan tekanan 30 MPa dan disinter dengan variasi suhu 800, 900, 1000, 1100, dan 1200 °C selama satu jam. Karakteristik barium heksaferit dilakukan dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer/VSM*, *X-Ray Diffraction/XRD*, dan *Transmitted Electron Microscope/TEM*. Sedangkan, sifat mekanik diuji menggunakan kekerasan Vickers dan *three-point bending*. Uji ketangguhan retak dilakukan dengan metode B3B. Peningkatan sifat mekanik dari barium heksaferit dilakukan dengan penambahan zirkonia sebanyak 0, 1, 2, 3, dan 5% berat, untuk membentuk bahan komposit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel nano magnetit mengecil dengan meningkatnya frekuensi getaran mekanis. Magnetisasi meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel nano magnetit. Suhu oksidasi optimum dari magnetit diperoleh pada suhu 900 °C selama 5 jam. Magnetisasi menurun dengan peningkatan suhu sintering. Namun, koersivitas dan *maximum energy product* terbesar diperoleh pada spesimen yang disinter pada suhu 1100 °C. Nilai tertinggi pada kekerasan Vickers dan kekuatan lentur terjadi pada spesimen yang disinter pada suhu 1200 °C. Karakteristik kemagnetan menurun dengan meningkatnya kandungan zirkonia pada barium heksaferit. Nilai tertinggi pada kekerasan, kekuatan biaksial dan  $K_{fc}$  diperoleh pada penambahan 1% berat zirkonia. Magnet permanen hasil penelitian ini menunjukkan hasil yang memuaskan untuk aplikasi generator listrik satu fase dengan delapan kutub. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pasir besi lokal memiliki potensi aplikasi untuk bahan magnet permanen.

**Kata kunci:** magnet, pasir besi, sintesis, getaran mekanis, barium heksaferit.