



## PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU AGING PADA SINTESIS MAGNET NANO BARIUM HEKSAFERIT ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) TERHADAP STRUKTUR KRISTAL, MORFOLOGI DAN SIFAT MAGNETIK

S. Virdhian<sup>1</sup>, R. A. Wulandari<sup>1</sup>, A. F. Mu'arif<sup>2</sup>, A. Setiawan<sup>2</sup>, B. Sunendar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM), Jl. Sangkuriang No. 12 Bandung 40135, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), Jl. Dr. Setiabudhi 229, Bandung 40154, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, 40132, Indonesia

### ABSTRAK

Barium heksaferit ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) merupakan material yang dianggap memiliki sifat magnetik yang baik. Barium heksaferit juga dikenal sebagai material magnet permanen dengan kualitas tinggi, hal tersebut disebabkan karena barium heksaferit memiliki nilai anisotropik yang besar, temperatur Curie tinggi, magnetisasi yang relatif besar, stabilitas kimia yang baik, dan tahan terhadap korosi, sehingga barium heksaferit sering digunakan sebagai bahan untuk pembuatan magnet permanen. Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan magnet nano barium heksaferit menggunakan metode sol gel dengan kitosan sebagai surfaktan. Diteliti pengaruh waktu aging dan pemanasan larutan tapioka terhadap morfologi, struktur kristal, serta sifat magnetik dari magnet nano barium heksaferit. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa peningkatan waktu aging dan pemanasan larutan tapioka menyebabkan peningkatan fasa dan penurunan ukuran partikel barium heksaferit. Pada suhu  $45^{\circ}C$  ukuran partikel magnet nano barium heksaferit menurun menjadi 192,2 nm dari ukuran 211,8 nm akibat penambahan waktu aging dari 2 jam menjadi 4 jam. –Dimana ukuran partikel magnet nano barium heksaferit tanpa aging adalah 382,5 nm. Dengan pemanasan larutan tapioka pada suhu  $75^{\circ}C$  dihasilkan ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan larutan tapioka pada suhu  $45^{\circ}C$ . Hasil karakterisasi sifat magnetik menunjukkan tidak terjadinya perubahan yang signifikan dari sifat magnetik dengan meningkatnya jumlah fasa dan penurunan ukuran partikel barium heksaferit.

**Kata Kunci:** Barium heksaferit, kitosan, metode sol gel, magnet permanen, tapioka.

### ABSTRACT

*Barium hexaferrite ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) is a material that is considered to have good magnetic properties. Barium hexaferrite is also well-known high performance permanent magnet material, it is caused barium heksaferit anisotropic great value, high Curie temperature, relatively large magnetization, good chemical stability, and resistance to corrosion, so that barium hexaferrite is often used as an material for the manufacture of magnets permanent. In this research has been carried out the manufacture of magnetic nano barium hexaferrite using sol-gel method with chitosan as a surfactant followed by aging time and the heating tapioca solution to see the effect on morphology, crystal structure, and the effect on the magnetic properties of magnetic nano barium heksaferit. VSM (Vibrating Sample Magnetometer) to see the properties of the magnet. The results from this research explain that the increased aging time and the heating tapioca solution at temperature  $45^{\circ}C$  resulted in increased barium hexaferrite phase and decrease the size of the magnetic nano barium hexaferrite particles from 211.8 nm to 192.2 nm for aging time 2 hours and 4 hours, and the size of the magnetic nano barium hexaferrite particles without aging time was 382.5 nm. The same resulted was seen in the increases of aging time and the heating tapioca solution at temperature  $75^{\circ}C$  with the particle size smaller than the heating tapioca solution at a temperature of  $45^{\circ}C$ . The magnetic properties results show that decrease in the size of only has a small effect on the changes in the magnetic properties of magnetic nano barium heksaferit.*

**Keywords:** Barium hexaferrite, sol-gel method, permanent magnet, tapioca, chitosan

## PENDAHULUAN

Magnet merupakan salah satu material yang berperan cukup banyak dalam kehidupan manusia. Hampir semua alat elektronik yang ada disekitar kita yang biasa kita gunakan untuk membantu kegiatan sehari-hari merupakan aplikasi dari magnet. Beberapa aplikasi dari magnet tersebut diantaranya adalah generator listrik, motor listrik, radio, televisi, komputer, dan komponen pengeras suara. Selain diaplikasikan pada alat-alat elektronik, magnet juga sekarang sudah diaplikasikan diberbagai bidang lainnya seperti kereta maglev yang ada di jepang sebagai alat transportasi, dan MRI yang digunakan dalam dunia medis untuk mendeteksi kanker. Banyaknya kegunaan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari membuat penelitian tentang sintesis dan karakterisasi material magnetik menjadi fokus dari ilmuwan selama lebih dari satu abad.

Magnet yang dianggap memiliki sifat magnetik paling baik salah satunya adalah magnet nano barium heksaferit yang sering digunakan sebagai material untuk pembuatan magnet permanen. Barium ferit tipe-M dengan struktur molekul hexagonal atau barium heksaferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) merupakan material magnet permanen yang dikenal dengan kualitas tinggi, hal tersebut disebabkan karena barium heksaferit memiliki anisotropik kristal magnet yang besar, temperatur Curie yang tinggi, magnetisasi yang relatif besar, stabilitas kimia yang baik, dan tahan terhadap korosi (Ping *et al*, 2007). Karena sifatnya yang unik dan potensinya yang besar tersebut membuat penelitian tentang sintesis magnet barium heksaferit banyak dilakukan untuk menemukan barium heksaferit kualitas tinggi dengan sifat magnetik yang baik. Selain itu ferrit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) banyak tersedia di Indonesia sehingga diharapkan material magnet permanen barium heksaferit dapat diproduksi di Indonesia dengan menggunakan sumber daya alam lokal.

Beberapa metode konvensional yang dapat digunakan untuk mensintesis barium heksaferit adalah metode co-presipitasi, hidrotermal, *microemulsion*, *self combustion*, dan sol gel. Beberapa metode sintesis tersebut telah diteliti untuk mendapatkan barium heksaferit berukuran nano dengan struktur domain tunggal. Dari beberapa metode sintesis di atas metode sol gel merupakan metode yang cukup banyak digunakan. Pemilihan metoda tersebut disebabkan karena prosesnya lebih singkat, temperatur yang digunakan lebih rendah, dapat

menghasilkan serbuk metal oksida dengan ukuran nano partikel, dan dapat menghasilkan karakteristik yang lebih baik dari pada proses metalurgi serbuk (Widodo, 2010). Selain itu metode sol gel juga tidak memerlukan energi yang besar dan produk yang dihasilkannya cukup homogen.

Pada metode sol gel surfaktan merupakan hal yang menarik untuk dikaji terkait fungsi dan kegunaannya dalam proses sintesis magnet nano barium heksaferit. Surfaktan sendiri merupakan senyawa yang berperan untuk menurunkan tegangan antara dua permukaan seperti antara dua larutan atau antara larutan dengan padatan. Surfaktan dapat berperan sebagai dispersan dan template. Dispersan disini dapat berfungsi untuk mengurangi ukuran dari partikel barium heksaferit pada metode sol gel. Salah satu polimer yang berpotensi digunakan sebagai dispersan adalah kitosan. Kitosan merupakan polimer alam yang bersifat kationik sehingga membuat kitosan dapat berinteraksi dengan senyawa anionik. Kitosan juga memiliki sifat biokompatibilitas yang baik, toksisitas yang rendah dan biodegradable (Sakkinen, 2003). Sedangkan untuk *template* dapat berfungsi untuk membentuk partikel menjadi bentuk yang diinginkan. *Template* yang berpotensi untuk digunakan salah satunya adalah tapioka. Tapioka diindikasikan dapat membentuk partikel barium heksaferit menjadi berbentuk batang (*rod-like*) karena tapioka mengandung amilosa dan amilopektin. Dimana partikel berbentuk batang ini diyakini dapat meningkatkan sifat anisotropi momen magnet dari barium heksaferit (Septiadi, 2014). Hasil penelitian lainnya juga menjelaskan bahwa koersivitas, remanens, dan saturasi magnetisasi nanopartikel  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dapat dikendalikan dengan memodifikasi bentuk mereka. Dengan demikian, dapat dijelaskan bahwa sifat magnetik terkait dengan bentuk anisotropi dan ukuran nanopartikel. (Galvao *et al*, 2013). Terkait dengan hal-hal di atas pada penelitian ini akan dilakukan sintesis magnet nano barium heksaferit menggunakan metode sol gel dengan kitosan sebagai surfaktan diikuti waktu aging dan pemanasan larutan tapioka untuk melihat pengaruhnya terhadap struktur kristal, morfologi, dan sifat magnetik dari sampel magnet nano barium heksaferit.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis magnet nano barium heksaferit menggunakan kitosan sebagai surfaktannya dengan membandingkan pengaruh penambahan waktu aging yang dilakukan selama 0 jam, 2 jam, dan 4 jam dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45<sup>o</sup>C dan 75<sup>o</sup>C pada sample magnet nano barium heksaferit.

Tahap pertama pada sintesis magnet nano barium heksaferit adalah preparasi larutan. Larutan kitosan 1% disiapkan sebanyak 50 ml. Setelah itu larutkan kitosan molekul rendah kedalam campuran larutan asam asetat dengan aquadest sebanyak 1 : 50 wt/vol sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Untuk larutan tapioka 0.5 % diperoleh dengan melarutkan tapioka kedalam aquadest sebanyak 1 : 200 wt/vol dengan mengaduknya menggunakan *magnetic stirrer* sambil memanaskannya selama 15 menit pada suhu 45<sup>o</sup>C dan 75<sup>o</sup>C. Selain larutan kitosan dan tapioka perlu disiapkan juga larutan lainnya seperti, larutan Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O dengan melarutkan 9,7 gram Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O dengan 200 ml aquadest dan mengaduknya menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit, larutan Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan melarutkan 0,5 gram Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan 200 ml aquadest dan mengaduknya selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer*, dan larutan NaOH 2M dengan melarutkan 8 gr NaOH kedalam 100 ml aquadest dan mengaduknya hingga larutan NaOH benar-benar terlarut dengan sempurna.

Setelah itu kedalam larutan tersebut diteteskan larutan NaOH 2M sedikit demi sedikit sebanyak 2 ml sambil tetap diaduk sampai larutan berubah menjadi koloid. Selanjutnya kedalam larutan ditambahkan larutan kitosan 1% sebanyak 40 ml, diamkan larutan teraduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian tambahkan larutan tapioka 0,5% sebanyak 20 ml pada campuran larutan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> - kitosan sambil diaduk dan diamkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Setelah semua bahan dicampurkan dan menjadi larutan sampel BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>. Larutan tersebut selanjutnya akan dihomogenisasi menggunakan *Ultra Turrax* dengan putaran 10.000 RPM selama 3 x 5 menit dengan jeda 5 menit setiap putarannya untuk membuat partikel terdistribusi sempurna dalam media pendispersi dan untuk menghancurkan partikel besar yang terbentuk.

Larutan sampel BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> yang sudah dihomogenisasi selanjutnya akan dimasukan kedalam oven dengan temperatur 100<sup>o</sup>C selama dua hari untuk menghilangkan pelarut sampai larutan menjadi kering dan terbentuk kerak. Setelah proses pemanasan dilakukan dan larutan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> menjadi kering, kerak yang tersisa hasil pengeringan menggunakan oven tersebut akan digerus menggunakan mortar sampai menjadi serbuk halus. Serbuk yang sudah halus tersebut kemudian akan dimasukan kedalam *combustion boat* untuk dikalsinasi pada tungku pemanas dengan temperatur 1000<sup>o</sup>C dan holding time selama 2 jam.

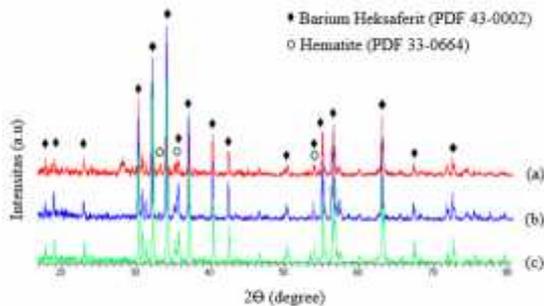
Hasil dari proses kalsinasi serbuk BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> selanjutnya akan dikarakterisasi menggunakan alat-alat XRD (*X-Rays Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, dan sifat magnetik dari magnet nano barium heksaferit yang telah berhasil disintesis menggunakan metode sol gel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

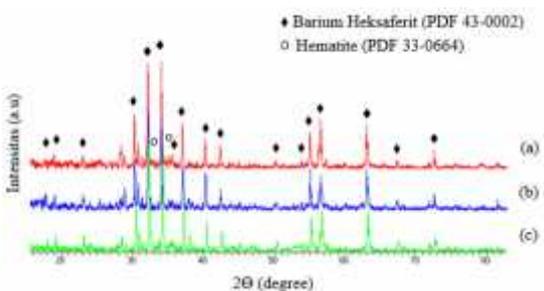
### 1. Karakterisasi Struktur Kristal BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Hasil karakterisasi struktur kristal dari sampel magnet nano barium heksaferit diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pada kedua gambar tersebut terlihat grafik 2 terhadap intensitas yang merupakan hasil karakterisasi XRD. Pada Gambar 1 diperlihatkan hasil karakterisasi struktur kristal dari sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 yang merupakan sampel dengan variasi waktu aging dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45<sup>o</sup>C. Sedangkan pada Gambar 2 diperlihatkan hasil karakterisasi struktur kristal dari sampel 4, sampel 5, dan sampel 6 yang merupakan sampel dengan variasi waktu aging dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 75<sup>o</sup>C. Berdasarkan hasil analisis dari kedua gambar hasil karakterisasi XRD dapat diketahui bahwa pada sintesis magnet nano barium heksaferit ini terdapat dua fasa yang terbentuk yaitu fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pada kedua gambar tersebut terlihat fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> atau fasa yang diharapkan merupakan fasa dominan dengan intensitas yang besar, sedangkan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang merupakan fasa yang tidak diharapkan terlihat dengan intensitas yang sangat kecil. Fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sendiri tidak diharapkan terbentuk pada sintesis magnet nano barium heksaferit karena merupakan material yang

bersifat antiferomagnetik yang dapat menurunkan kualitas magnet. Kemunculan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada sintesis magnet nano barium heksaferit ini menunjukkan bahwa komposisi Fe dan Ba yang digunakan pada sampel masih belum memadai. Ketidaksiuaian perbandingan Fe dan Ba tersebut kemungkinan bukan disebabkan oleh tidak tepatnya perbandingan Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> dan Ba(NO)<sub>2</sub> yang digunakan, melainkan disebabkan oleh reaksi yang belum sempurna. Hal tersebut terlihat pada kedua gambar dengan penambahan waktu aging selama 2 jam dan 4 jam, dimana fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk semakin sedikit. Penambahan waktu aging tersebut diduga pada sintesis magnet nano barium heksaferit ini dapat memberikan kesempatan interaksi yang lebih lama sehingga reaksi yang terjadi lebih optimal (Yuwono dan Dharma, 2011).



Gambar 1. Karakterisasi XRD BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dengan variasi waktu aging dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45<sup>0</sup>C; (a) 0 jam (b) 2 jam (c) 4 jam



Gambar 2. Karakterisasi XRD BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dengan variasi waktu aging dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 75<sup>0</sup>C; (a) 0 jam (b) 2 jam (c) 4 jam

Hasil karakterisasi XRD tersebut juga menunjukkan bahwa pemanasan temperatur larutan mencapai temperatur 75<sup>0</sup>C memberikan pengaruh pada struktur kristal dari sampel magnet nano barium heksaferit. Pemanasan

larutan tapioka mencapai temperatur 75<sup>0</sup>C tersebut kemungkinan besar menyebabkan amilosa terlepas dari granula yang diakibatkan oleh terputusnya ikatan hidrogen karena pemanasan larutan tapioka pada suhu 75<sup>0</sup>C merupakan suhu pemanasan yang melebihi suhu gelatinasi atau suhu pada saat granula pati pecah dari tapioka (Winarno, 2002, hlm 30). Hal tersebutlah yang diyakini menyebabkan fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> yang terbentuk lebih banyak dan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan pemanasan larutan tapioka mencapai suhu 45<sup>0</sup>C.

## 2. Karakterisasi Morfologi BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Hasil karakterisasi morfologi dari sampel magnet nano barium heksaferit diperlihatkan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis citra dari gambar hasil karakterisasi SEM tersebut, terlihat bahwa partikel dominan yang terbentuk dari keenam sampel ialah partikel dengan morfologi piringan (*platelet-like*). Selain morfologi piringan (*platelet-like*) yang terbentuk, terlihat juga morfologi lainnya seperti partikel dengan bentuk menyerupai morfologi butiran (*spherical*), morfologi *ellipsoidal*, dan morfologi lain yang tidak berbentuk atau berbentuk tidak beraturan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu aging pada sintesis magnet nano barium heksaferit tidak berperan pada pembentukan morfologi dari partikel. Selain itu apabila dilihat dari keenam sampel berdasarkan kehomogennya, terlihat juga bahwa partikel yang terbentuk memiliki kehomogenan yang berbeda-beda dengan orientasi yang berbeda-beda pula. Hal tersebut juga menjelaskan bahwa waktu aging tidak berperan pada kehomogenan dan orientasi dari partikel magnet nano barium hexaferrite yang terbentuk. Namun jika dilihat dari ukuran partikelnya yang ditampilkan pada Tabel 1 terlihat dari sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 yang merupakan sampel dengan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45<sup>0</sup>C memiliki ukuran partikel yang semakin kecil seiring dengan meningkatnya waktu aging yang digunakan.

Hasil yang sama juga ditunjukkan pada sampel 4, sampel 5, dan sampel 6 yang merupakan sampel dengan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 75<sup>0</sup>C dimana ukuran dari partikel semakin mengecil seiring dengan meningkatnya waktu aging. Penurunan ukuran

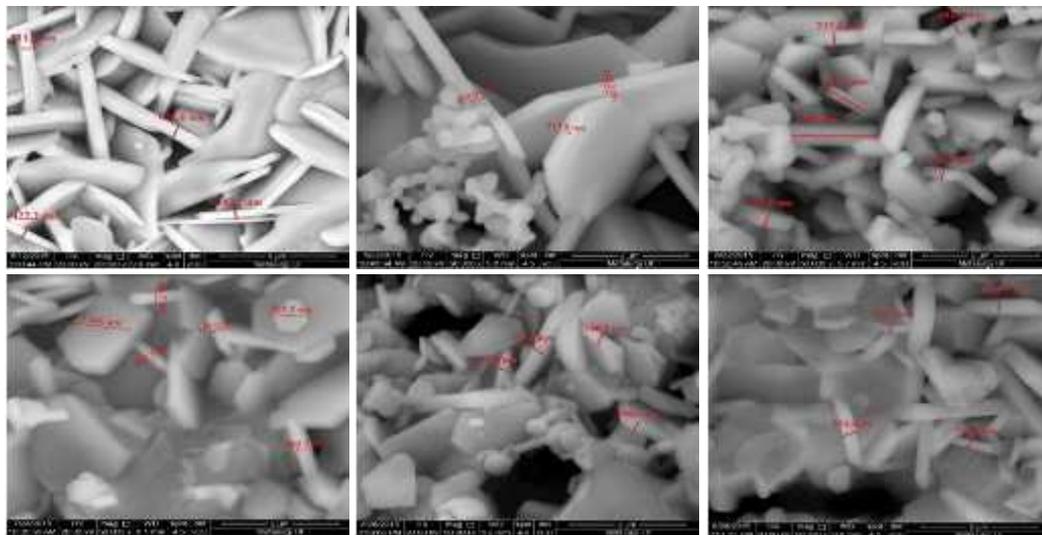
dari partikel tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh hal yang sama seperti yang terjadi pada karakterisasi struktur kristal. Dimana penambahan waktu aging diduga dapat memberikan kesempatan pada larutan untuk berinteraksi lebih lama sehingga reaksi yang terjadi menjadi lebih optimal.

Tabel 1. Ukuran Rata-rata Ketebalan partikel magnet nano BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Spesimen	Keterangan Partikel	Ukuran Partikel
Sampel 1	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	487,1 nm
Sampel 2	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	221,0 nm
Sampel 3	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	219,1 nm
Sampel 4	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	203,6 nm
Sampel 5	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	193,5 nm
Sampel 6	Piringan ( <i>platelet-like</i> )	162,2 nm

Hasil karakterisasi morfologi dari sampel magnet nano barium heksaferit pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa sampel 4, sampel 5, dan sampel 6 dengan pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 75<sup>0</sup>C memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan ukuran yang terlihat pada sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 dengan pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 45<sup>0</sup>C.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada karakterisasi struktur kristal, pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 75<sup>0</sup>C kemungkinan besar menyebabkan amilosa terlepas dari granula yang diakibatkan oleh terputusnya ikatan hidrogen karena pemanasan larutan tapioka pada suhu 75<sup>0</sup>C merupakan suhu pemanasan yang melebihi suhu gelatinasi atau suhu pada saat granula pati pecah dari tapioka, dimana suhu gelatinasi dari tapioka sendiri berkisar 52-64<sup>0</sup>C (Winarno, 2002, hlm 30). Terlepasnya amilosa dari granula pati jelas memberikan pengaruh yang besar pada ukuran dari partikel dilihat dari hasil karakterisasi morfologi sampel yang jauh lebih kecil dibandingkan ukuran dari partikel pada pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 45<sup>0</sup>C.

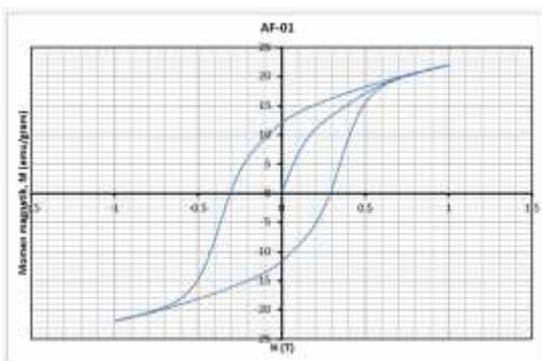


Gambar 3. Karakterisasi SEM sampel BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45<sup>0</sup>C (a) 0 jam (b) 2 jam (c) 4 jam, dan pemanasan larutan tapioka pada temperatur 75<sup>0</sup>C (d) 0 jam (e) 2 jam (f) 4 jam

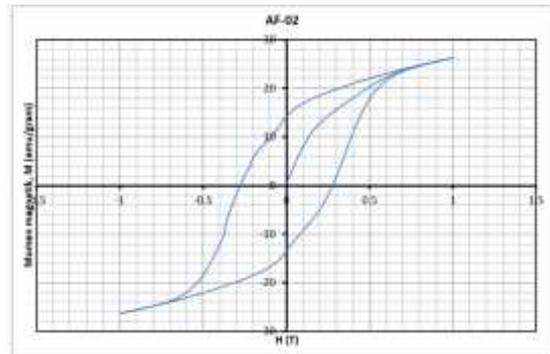
### 3. Karakterisasi Sifat Magnet BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Hasil karakterisasi sifat magnetik menggunakan alat VSM dari sampel 1 dan sampel 3 yang merupakan sampel dengan pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 45°C ditunjukkan oleh kurva *hysteresis loop* pada Gambar 4 dan Gambar 5. Sedangkan untuk karakterisasi sifat magneti dari sampel 6 dengan pemanasan larutan tapioka mencapai temperatur 75°C ditunjukkan oleh kurva *hysteresis loop* pada Gambar 6. Jika hasil karakterisasi sifat magnetik di atas dibandingkan dan dianalisis, terlihat bahwa kurva *hysteresis loop* dari ketiga sampel hasil karakterisasi sifat magnetik menggunakan VSM memiliki nilai remanensi bahan (Br) dan koersivitas bahan (Hc) yang tidak berbeda jauh.

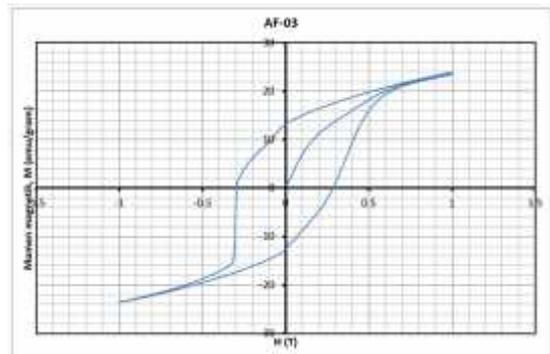
Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan struktur kristal atau peningkatan fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan pengurangan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dari ketiga sampel yang dikarakterisasi sifat magnetik tidak berperan besar pada perubahan sifat magnetik dari magnet nano barium heksaferit. Hasil sifat magnetik yang tidak berbeda jauh dari tiga sampel tersebut kemungkinan juga diakibatkan dari perbedaan struktur kristal yang tidak terlalu signifikan, sehingga mengakibatkan nilai remanensi bahan (Br) dan koersivitas bahan (Hc) yang dihasilkan dari sampel juga tidak berbeda jauh. Hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa morfologi atau penurunan ukuran dari partikel tidak berpengaruh banyak pada peningkatan nilai sifat magnetik dari sampel magnet nano barium heksaferit. Dimana pada sintesis magnet nano barium heksaferit ini partikel yang diperoleh didominasi oleh morfologi piringan (*platelet-like*).



Gambar 4. Karakterisasi sifat magnetik sampel 1



Gambar 5. Karakterisasi sifat magnetik sampel 3



Gambar 6. Karakterisasi sifat magnetik sampel 6

## KESIMPULAN

Sintesis magnet nano barium heksaferit menggunakan metode sol gel dengan kitosan sebagai surfaktannya diikuti waktu aging yang dilakukan selama 0 jam, 2 jam, dan 4 jam serta pemanasan larutan tapioka pada temperatur 45°C dan 75°C telah berhasil dilakukan. Penambahan waktu aging 2 jam dan 4 jam memberikan pengaruh terhadap peningkatan fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan pengurangan fasa *hematite*  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk dari magnet nano barium heksaferit. Penambahan waktu aging juga memberikan peran pada penurunan ukuran partikel dari magnet nano barium heksaferit tetapi tidak pada proses pembentukan morfologinya. Pada pemanasan larutan tapioka dari temperatur 45°C menjadi 75°C juga menunjukkan hasil yang sama pada fasa dan ukuran dari partikel yang terbentuk. Dimana pemanasan larutan tapioka dari temperatur 45°C menjadi 75°C juga belum memperlihatkan pengaruhnya terhadap pembentuk morfologi dari partikel. Sedangkan pada hasil karakterisasi sifat magnetik ditunjukkan bahwa fasa yang terbentuk dan penurunan ukuran hanya berpengaruh kecil pada perubahan sifat magnetik dari magnet nano barium heksaferit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Choi, M. et.al. "Novel synthesizing method of  $BaFe_{12}O_{19}$  micro rod and its superior coercivity with shape anisotropy." *Materials Letters* 139 (2015): 292-295.
- Bhattacharjee, A. et. al. "Rod-like ferrites obtained through thermal degradation of a molecular ferrimagnet." *Journal of Alloys and Compounds* 503 (2010): 449-453.
- Galvao S. B. et al. "The Effect of the Morphology on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite Synthesized by Pechini Method." *Materials Letter* 115 (2013), 38-41.
- Ping Xu, et al. "Synthesis and Magnetic Properties of  $BaFe_{12}O_{19}$  Hexaferrite Nanoparticles by a Reverse Microemulsion Technique". *J.Phys. Chem. C.* 111 (2007): 5866-5870.
- Pu, Y. et.al. "Novel Sr-Zn-Co hexagonal ferrite nano-rods by wood-template chemical solution synthesis." *Materials Letters* 65 (2009): 2213-2215.
- Sakkinen, M. "Biopharmaceutical Evaluation of Microcrystalline Chitosan as Release Rate controlling Hydrophilic Polymer in Granules for Gastroententive Drug Delivery." *Academia Dissertation* (2003). Faculty of Science of the University of Helsinki.
- Septiadi, A. "Pengaruh Penambahan Tapioka, Waktu Drying, dan Perbandingan Mol Ba : Fe Terhadap Morfologi dan Sifat Magnet nano barium Hexaferit." Skripsi (2014) pada FTMD ITB: tidak diterbitkan.
- Widodo, S."Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas." PPET-LIPI (2010): Bandung.
- Winarno F.G. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia (2004).
- Yuwono, A. H. dan Dharma, H. (2011). "Fabrikasi Nanorods Seng Oksida (ZnO) menggunakan Metode Sol Gel dengan Variasi Konsentrasi Polyethylene Glycol dan Waktu Tunda Evaporasi Amonia." *Majalah Metalurgi* vol.26 No. 2 (2011): 101-108.