

## **BAB II**

### **PENELITIAN PARTIKEL NANOMAGNETIK**

Pemanfaatan partikel nanomagnetik dalam berbagai bidang kehidupan dimungkinkan karena partikel nanomagnetik memiliki fenomena magnetisme yang berbeda dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran makro. Fenomena pada partikel nanomagnetik yang merupakan daya tarik untuk diteliti lebih lanjut adalah superparamagnetisme [1]. Fenomena superparamagnetisme erat kaitannya dengan ukuran dan bentuk dari partikel nanomagnetik tersebut [1]. Oleh karena itu sebelum dilakukan pembuatan partikel nanomagnetik untuk komersialisasi perlu dibuat sebuah standarisasi dalam proses sintesis partikel nanomagnetik. Partikel nanomagnetik yang disintesis harus memiliki distribusi ukuran tidak terlalu besar dan memiliki bentuk yang serupa [13] agar sifat magnetik yang ada pada material tersebut tidak terlalu berbeda satu dan yang lainnya sehingga dapat dipergunakan untuk produksi secara massal.

Menurut Leslie-Pelecky et. al. [1], superparamagnetisme adalah salah suatu fenomena di mana suatu materi dapat memiliki sifat paramagnetisme walaupun materi tersebut berada di bawah temperatur Neel atau Currie. Sifat superparamagnetisme tersebut terjadi karena energi yang dibutuhkan untuk

merubah orientasi momen magnet sebanding dengan energi termal. Domain magnetik tunggal yang dimiliki oleh partikel nanomagnetik merupakan penyebab dari sifat superparamagnetisme. Domain magnet adalah suatu area di mana seluruh momen magnet mengarah ke arah yang sama dan memberikan pengaruh yang sama pada magnetisme material tersebut. Pada partikel makro terbentuk banyak domain magnet untuk meminimalisasi energi yang dibutuhkan untuk merubah orientasi momen magnet, perubahan orientasi momen magnet terjadi karena perubahan *domain wall*. Semakin kecil partikel tersebut maka domain magnet akan semakin berkurang dan pada partikel nanomagnetik hanya terdapat domain magnet tunggal untuk tiap-tiap partikel di mana perubahan orientasi momen magnet dapat terjadi karena fluktuasi temperatur atau dengan diberikan medan magnet yang kecil. Energi yang dibutuhkan untuk merubah orientasi momen magnet pada materi dengan sifat superparamagnetisme disebut dengan *crystalline anisotropy energy*. Sifat superparamagnetisme dapat dilihat dari kurva *hysteresis* partikel yang tidak memiliki *coercivity*.

Sifat magnetik, seperti superparamagnetisme, dari partikel nanomagnetik dipengaruhi oleh berbagai macam hal, beberapa diantaranya adalah distribusi ion-ion penyusunnya dan ukuran partikel. C. N. Chinnasamy et. Al. [16] dan Z. J. John Zhang [17] menunjukkan bahwa distribusi ion  $Mn^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  pada kristal Jacobsite mempengaruhi sifat-sifat dari kristal tersebut. Distribusi ion yang berbeda akan mengakibatkan perbedaan pada distribusi

elektron dan mempengaruhi *magnetocrystalline anisotropy* [16]. Efek ini diyakini sebagai faktor yang mempengaruhi sifat-sifat magnetik dari bahan nanopartikel [16, 17]. Ukuran partikel juga memiliki peranan yang sangat penting dalam sifat magnetisme partikel nanomagnetik; pada partikel makro jumlah atom di permukaan akan jauh lebih sedikit daripada atom keseluruhan sedangkan pada partikel nano perbandingan jumlah atom di permukaan dan di dalam partikel tersebut adalah lebih besar dan dengan demikian sifat magnetisme partikel nanomagnetik akan lebih dipengaruhi oleh ukuran partikel.

Penelitian lain yang meneliti tentang sifat magnetisme partikel nanomagnetik adalah penelitian yang dilakukan oleh Jenna Pike et. al. [18] yang meneliti tentang stabilitas partikel nanomagnet Hausmannite ( $Mn_3O_4$ ) apabila temperatur partikel tersebut dinaikkan dan diturunkan berulang kali. Ia dapat bahwa temperatur perubahan dari partikel Hausmannite menjadi MnO ketika direduksi akan berkurang seiring dengan berkurangnya ukuran partikel. MnO akan berubah menjadi  $Mn_2O_3$  pada saat dioksidasi dan melewati fasa *intermediate* sehingga memiliki alur perubahan  $MnO - Mn_3O_4 - Mn_5O_8 - Mn_2O_3$ . Pada partikel yang berukuran lebih besar tidak ada fasa *intermediate*.

Sifat-sifat magnetisme yang telah dijelaskan di atas erat kaitannya dengan sifat struktur dari partikel nanomagnetik, di mana sifat struktur dapat

divariasikan dari proses sintesis yang dilakukan. Umumnya untuk menyintesis partikel nanomagnetik dalam skala besar tidak dilakukan metode sintesis secara *top down* yang memerlukan peralatan yang mahal dan rumit akan tetapi menggunakan metode sintesis *bottom up* yang murah dan memerlukan keahlian dalam bidang fisika dan kimia. Banyak metode sintesis yang telah berhasil dalam menyintesis partikel nanomagnetik Jacobsite, seperti metode ultrasonic seperti yang dilakukan Jriuan Lai et. al. [19] dan Shuijin Lei et. al. [20] metode pembakaran seperti yang dilakukan oleh K. Deshpande et. al. [21]; mikro-emulsi oleh Swadeshmukul Santra [22]; *hydrothermal* seperti yang dilakukan oleh S. Sun et. al. [23]; metode *mechano-chemical* oleh P. Osmokrovic et. al. [24]; dan *co-precipitation* seperti yang dilakukan oleh Z. J. Zhang et. al. [17].

Sintesis dengan metode ultrasonik banyak dilakukan karena pengaruh ultrasonik yang dapat menghasilkan sampel kristal partikel nanomagnetik. Metode ini menggunakan *ultrasonic bath* dengan frekuensi tinggi seperti 20kHz [19] atau 56kHz [20] untuk memecah ion-ion metal dalam molekul sehingga diharapkan proses pertumbuhan kristal dapat berlangsung dengan cepat dan menghindarkan terjadinya oksidasi pada ion-ion metal yang mengakibatkan terbentuknya partikel amorph [20]. Shuijin Lei et. al. berhasil menyintesis partikel nanomagnetik Hausmannite ( $Mn_3O_4$ ) dengan ukuran antara 15 dan 20 nm dengan menggunakan metode ultrasonik.

Metode pembakaran seperti yang dilakukan oleh K. Deshpande et. al. [21] adalah dengan cara mereduksi suatu bahan kimia pada temperatur tinggi agar mendapatkan partikel nanomagnetik yang diinginkan. K. Deshpande et. al. mendapatkan partikel nanomagnetik Magnetite dan Maghemite dari proses reduksi *Glycine*, *Hydrazine*, atau asam sitrat dengan menaikkan temperatur sintesis secara cepat dari 150°C ke 350°C. Dengan cara ini ia berhasil mendapatkan partikel nanomagnetik berbentuk sferis dengan ukuran antara enam dan sepuluh nanometer.

Metode lainnya yang banyak digunakan dan dapat memberikan distribusi ukuran partikel yang kecil adalah metode mikro emulsi. Swadeshmukul Santra [19] menyatakan bahwa metode mikroemulsi yang ia gunakan dapat menyintesis partikel nanomagnetik dengan ukuran tiga sampai empat nanometer. Walaupun metode mikro emulsi dapat menghasilkan nanopartikel dengan distribusi ukuran partikel yang kecil, akan tetapi dalam proses pembuatannya memerlukan beragam bahan kimia sehingga tidak ekonomis apabila dibandingkan dengan metode lainnya.

Proses *hydrothermal* dilakukan dengan dekomposisi molekul besi organik (seperi  $\text{Fe}(\text{acac})_2$ ) pada temperatur tinggi. Proses dekomposisi dapat menghasilkan partikel nanomagnetik dengan distribusi ukuran partikel yang kecil. Penelitian yang dilakukan Shouseng. Sun et. al. [23] dengan

menggunakan metode ini berhasil menyintesis partikel nanomagnetik Magnetite dengan ukuran yang dapat divariasikan dari tiga sampai 20 nm.

Proses *mechano-chemical* seperti yang dilakukan P. Osmokrovic [24] menghasilkan partikel nanomagnetik Jacobsite dengan ukuran partikel 28 nm dengan cara *mechanical milling*. Proses *milling* yang dilakukan dapat menghasilkan partikel Jacobsite murni setelah *milling* selama sepuluh jam. Karena sampel yang dihasilkan dari proses *milling* memiliki bentuk partikel yang serupa dan distribusi ukuran partikel yang kecil maka sampel hasil proses *milling* dapat digunakan untuk bahan dasar untuk pembuatan material lain seperti lapisan tipis [24].

Metode *co-precipitation* seperti yang dilakukan Z. J. Zhang et. al. [17] merupakan metode yang banyak dilakukan oleh peneliti karena kemudahan dalam proses sintesis dan tidak memerlukan bahan kimia yang beragam. Dengan metode ini Z. J. Zhang et. al. berhasil mendapatkan partikel nanomagnetik berukuran 40 nanometer dengan distribusi ukuran yang kecil.