

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Magnet merupakan suatu benda yang tidak asing bagi kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan magnet dalam industri maupun rumah tangga telah banyak dikembangkan. Menurut sejarahnya, magnet pertama kali ditemukan oleh rakyat Yunani kuno. Kata magnet berasal dari Bahasa Yunani *magnetis lithous* yang berarti batu magnet. Magnet pertama kali ditemukan di Kota Magnesia yang merupakan nama sebuah kota di Yunani (sekarang Turki). Seiring dengan perkembangan zaman, telah banyak penelitian mengenai fenomena magnet tersebut. Gauss misalnya, telah merumuskan bahwa tidak ada monopol magnet (suatu batang magnet dipotong sekecil apapun tetap memiliki dua kutub/dipol), yang kemudian rumusan tersebut disempurnakan oleh Maxwell dalam bentuk differensial yang lebih mudah dan banyak penggunaannya.

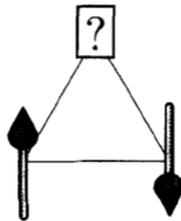
Pengembangan selanjutnya, ilmuwan mulai tertarik dengan pembuatan magnet. Terdapat beberapa cara untuk membuat magnet, baik magnet permanen maupun sementara. Berawal dari ide pembuatan magnet tersebut maka para ilmuwan mulai mengelompokkan bahan di alam sebagai bahan magnet yang diharapkan mampu menghasilkan suatu magnet. Pengelompokkan bahan yang ada di alam sebagai bahan magnet berupa diamagnet, paramagnet, ferromagnet, ferrimagnet, dan antiferromagnet.

Diamagnet, merupakan material yang atom atau ionnya tidak memiliki momen magnet permanen. Medan magnet eksternal menginduksi momen magnet sedemikian rupa sehingga momen akan melawan medan magnet tersebut (Stancil & Prabhakar, 2009: 3). Jenis bahan ini sulit ditarik oleh magnet lain, banyak ditemukan pada atom yang kulit atomnya terisi penuh (Blundell, 2001: 20). Paramagnet, untuk bahan dalam golongan ini memiliki momen magnet permanen. Jika medan magnet eksternal menginduksi momen magnet, dengan cara yang unik dan khas, momen magnet akan berusaha menyejajarkan diri dengan medan magnet eksternal (Stancil & Prabhakar, 2009: 3). Peristiwa ini dialami oleh bahan yang kulit atomnya terisi sebagian. ferromagnet merupakan material yang memiliki magnetisasi spontan tanpa adanya medan magnet eksternal yang menginduksi. Semua momen magnet membujur searah secara unik dan teratur (Blundell, 2001: 85). Antiferromagnet dan ferrimagnet merupakan material yang sudah memiliki momen magnet permanen dan arahnya saling berlawanan (antiparalel), tanpa adanya medan magnet eksternal. Jika besar momen magnet yang berdekatan berbeda maka disebut sebagai ferrimagnet, jika sama besar maka digolongkan sebagai antiferromagnet. Kekisi antiferromagnet dapat diperoleh dengan menumpuk dua subkekisi ferromagnet yang arah momen magnetnya berlawanan (Stancil & Prabhakar, 2009: 4-5).

Fenomena ferromagnetlah yang pertama kali teramati sebagai fenomena magnet. ferromagnet yang pertama kali ditemukan adalah Fe_3O_4 (Moessner & Ramirez, 2006: 24). Momen magnet dalam ferromagnet saling sejajar dan searah, dengan demikian jumlahan total momen magnet dapat teramati secara makroskopis sebagai magnetisasi. Pada antiferromagnet, meskipun terdapat momen magnet namun karena saling meniadakan maka tidak teramati secara makroskopis. Hal ini yang menyebabkan antiferromagnet baru ditemukan setelah adanya teori interaksi spin mikroskopis oleh Louis Neel

pada tahun 1930, dan pengukuran difraksi neutron pada MnO tahun 1949 oleh Shull dan Smart (Moessner & Ramirez, 2006: 24). Antiferromagnet Neel terjadi pada kekisi *bipartite* (Neel, 1948). Kekisi *bipartite* merupakan jenis kekisi yang spinnya saling berselang-seling seperti papan catur (Henly, 2009: 16). Akan tetapi beberapa logam bukan berupa kekisi *bipartite* melainkan fcc. Oleh karena itu, pada kekisi fcc, muncul persaingan interaksi atau disebut *frustration*.

Antiferromagnet kekisi segitiga merupakan contoh kasus paling sederhana untuk menunjukkan adanya konflik antara geometri kekisi dengan interaksi yang seharusnya terjadi. Frustrasi semacam ini biasa disebut dengan *geometrical frustration*.



Gambar 1: Kekisi Segitiga yang Mengalami Frustrasi (Blundell, 2001: 167)

Dalam studi bahan magnet yang terfrustasi secara geometri, dipelajari tentang hal yang terjadi ketika geometri kekisi menghalangi pembentukan konfigurasi spin yang sederhana dan teratur pada suhu rendah. Biasanya, frustrasi geometri mengarah pada terbentuknya bermacam-macam keadaan dasar (*ground state*), jarang sekali ditemukan satu keadaan dasar (Moessner & Ramirez, 2006: 24).

Selama satu dekade ini para ilmuwan tertarik memburu fenomena *frustrated* tersebut. Meski dapat dikatakan bahwa antiferromagnet rumit, namun menjadi menarik karena banyak variasi geometri dan perubahan fase ketika spin-spin pada antiferromagnet saling berkompetisi. Para ilmuwan dunia juga tertarik pada antiferromagnet

terfrustasi karena memungkinkan ditemukannya superkonduktor pada suhu tinggi, selain itu juga interaksi maupun fenomena dalam sistem antiferromagnet merupakan hal yang menarik untuk dikaji (Henley, 2007: 15).

Dengan mengamati interaksi antar spin pada titik kekisi bahan magnet maka diperoleh beberapa informasi fisis dari suatu bahan, seperti energi tingkat dasar (*ground state*) dan perubahan fase. Akan tetapi, karena keterbatasan peralatan penelitian, maka penelitian ini dilakukan dengan simulasi menggunakan metode Ising yang lebih sederhana.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diperoleh identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Geometri kekisi berbentuk segitiga menyebabkan interaksi antar spin mengalami frustasi untuk memperoleh kondisi yang mematuhi aturan antiferromagnet.
2. Sudah banyak penelitian mengenai kasus ferromagnet yang telah dilakukan, namun untuk kasus antiferromagnet masih tergolong sedikit.
3. Beberapa material di alam mengalami *geometrical frustration* sehingga perlu dilakukan kajian mendalam untuk memahami sifat fisis bahan tersebut.
4. Kondisi di alam yang bukan merupakan sistem terisolasi memberikan peluang bagi suhu untuk memberi pengaruh terhadap bahan magnet.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah sebagai berikut:

1. Geometri kekisi yang diamati berupa kekisi segitiga 2 dimensi dengan titik kekisi 6×6 .
2. Spin yang diamati hanya berinteraksi dengan tetangga terdekat (*nearest neighbor*) dan tetangga terdekat berikutnya (*next nearest neighbors*).
3. Tidak ada medan magnet eksternal ($B = 0$).

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan adalah:

1. Bagaimana energi tingkat dasar kekisi antiferromagnet yang memiliki *geometrical frustration*?
2. Bagaimana pengaruh kompetisi interaksi terhadap perubahan fase pada antiferromagnet?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan energi tingkat dasar (*ground state*) pada kekisi antiferromagnet yang mengalami *geometrical frustration*.
2. Menentukan pengaruh kompetisi interaksi terhadap perubahan fase.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mikroskopis yang terjadi pada sistem terfrustasi.
2. Memberikan wawasan baru mengenai dunia mikroskopis yang gejalanya dapat teramati secara makroskopis dalam kehidupan sehari-hari.
3. Menambah ketertarikan bagi peneliti khususnya peneliti Indonesia untuk tertarik mendalami bidang simulasi antiferromagnet.