

KAJIAN KOMPETISI INTERAKSI TUKAR PADA BAHAN ANTIFERROMAGNET DENGAN MODEL HEISENBERG

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:
AFIKA SARI
08306141024

PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2012

PERSETUJUAN

KAJIAN KOMPETISI INTERAKSI TUKAR PADA BAHAN ANTIFERROMAGNET DENGAN MODEL HEISENBERG

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Telah Memenuhi Persyaratan dan Siap Untuk Diuji
Disetujui pada tanggal

13 Juli 2012

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



R. Yosi Aprian Sari, M.Si.

NIP. 19730407 200604 1 001

Dosen Pembimbing II



Denny Darmawan, M.Sc.

NIP. 19791202 200312 1 002

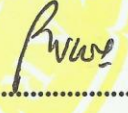
PENGESAHAN

KAJIAN KOMPETISI INTERAKSI TUKAR PADA BAHAN ANTIFERROMAGNET DENGAN MODEL HEISENBERG

oleh
Afika Sari
NIM 08306141024
Fisika

Skripsi ini telah diuji di depan Dewan Penguji Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, pada tanggal 13 Juli 2012 dan dinyatakan lulus.

Susunan Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>R. Yosi Aprian Sari, M.Si.</u> NIP. 19730407 200604 1 001	Ketua Penguji		19-07-2012
<u>Denny Darmawan, M.Sc.</u> NIP. 19791202 200312 1 002	Sekretaris Penguji		19-07-2012
<u>Yusman Wiyatmo, M. Si.</u> NIP. 19680712 199303 1 004	Penguji I		19-07-2012
<u>Bambang Ruwanto M. Si.</u> NIP. 19651225 199101 1 001	Penguji II		19-07-2012

Yogyakarta, Juli 2012

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,


Dr. Hartono
NIP. 196203291987021002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Afika Sari
NIM : 08306141024
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Kajian Kompetisi Interaksi Tukar pada Bahan
Antiferromagnet dengan Model Heisenberg

menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, Juli 2012

Yang Menyatakan,

Afika Sari

NIM. 08306141024

MOTTO

" Jadilah dirimu sendiri, jangan hidup hanya
dengan mengikuti arus. Kita diciptakan untuk melawan arus.

Dan itulah yang membuat kita bertahan "

" Knowing other is intelligence; Knowing yourself is true wisdom
Mastering other is strength; Mastering yourself is true power "

Lao Tzu

Karya sederhana ini saya persembahkan kepada :

--- Ayahanda tercinta yang selalu menginginkan yang terbaik untuk putrinya. Yang selalu menganggap putrinya sebagai putri paling sempurna. Dan yang senantiasa menjaga dalam diamnya...---

--- Ibunda yang telah menjadi ibu peri tanpa pamrih dalam perjalanan hidupku. Wanita tangguh dengan penuh kesabaran dan tangisan hanya demi memenuhi setiap keinginan anak-anaknya. Yang selalu menebarakan senyuman walau dalam keadaan sulit sekalipun...---

*--- Kakanda satu-satunya dan tak tergantikan. Kakak yang selalu memenangkan adeknya dalam segala hal. Walau terkadang aku benci saat kau menyusahkannya
^ ^---*

...Tiada kata yang dapat menggambarkan kesempurnaan kalian dalam tulisanku.

Tapi berkat kalianlah aku merasa sempurna...

KAJIAN KOMPETISI INTERAKSI TUKAR PADA BAHAN ANTIFERROMAGNET DENGAN MODEL HEISENBERG

oleh
Afika Sari
NIM 08306141024

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk energi keadaan dasar (*ground state*) dan untuk mengetahui perubahan fase yang terjadi pada sistem antiferromagnet dengan kekisi segitiga yang mengalami frustasi.

Penelitian dimulai dengan menentukan nilai interaksi kompetisi bahan antiferromagnet yang kemudian dengan persamaan Hamiltonan model Heisenberg untuk kekisi segitiga anisotropik didapatkan besar energi keadaan dasar pada setiap nilai kompetisi interaksi. Adapun untuk mendapatkan penyelesaian model Heisenberg dalam menentukan energi keadaan dasar pada kekisi segitiga anisotropik ini digunakan teori *linear spin-wave* (LSW). Model ini juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai magnetisasi bahan.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai energi keadaan dasar maksimum berada pada saat interaksi tukar $J_2/J_1 \approx 0,7$, dalam kasus ini frustasi geometriknya mencapai maksimum yang berarti spin kekisi berada pada keadaan sangat tidak beraturan. Nilai energi keadaan dasar tersebut semakin menurun untuk setiap pertambahan nilai J_2/J_1 . Saat $J_2/J_1 = 0,5$ nilai magnetisasi menurun drastis mendekati nilai nol, yang menunjukkan terjadinya perubahan fase dari antiferromagnet Néel ke fase spiral.

Kata kunci: *Frustasi magnet, Model Heisenberg, kekisi segitiga anisotropik, antiferromagnet.*

STUDY OF COMPETING EXCHANGE INTERACTION IN ANTIFERROMAGNETIC MATERIAL WITH HEISENBERG MODEL

by
Afika Sari
NIM. 08306141024

ABSTRACT

The purposes of this research are to determine the ground state energy and the phase transition in the anisotropic triangular lattice antiferromagnet.

The research began by defining the competing interactions in the lattice, then the ground-state energy of the anisotropic triangular lattice for each competing interaction values was calculated from the Hamiltonian of the Heisenberg model. To get the solution of the Heisenberg model, linear spin-wave (LSW) theory was used. This model was also used to calculate the value of the magnetization.

Based on the results, the maximum ground-state energy obtained at around $J_2/J_1 \approx 0,7$, at this point geometrical frustration attains its maximum. The ground-state energy decreases when J_2/J_1 increases. When $J_2/J_1 = 0,5$, the magnetization decreases drastically approaching zero, that shows the phase transition from Néel antiferromagnet to spiral phase.

Keywords: *Frustrated magnet, Heisenberg model, isotropic triangular lattice, antiferromagnet.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb,

Segala puji atas kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul “Kajian Kompetisi Interaksi Tukar pada Bahan Antiferomagnet dengan Model Heisenberg” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak R. Yosi Aprian Sari, M. Si. dan Bapak Denny Darmawan, M. Sc. selaku pembimbing yang telah rela meluangkan waktu di sela-sela kesibukan dan istirahat, terima kasih atas waktu dan semangatnya.
2. Bapak Suparno, Ph.D. selaku Kajurdik Fisika dan Bapak Dr. Yosaphat Sumardi selaku Kaprodi Fisika FMIPA UNY yang telah membantu dalam hal administrasi skripsi ini.
3. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA UNY yang telah mengesahkan skripsi ini.
4. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
5. Semua staff dan laboran Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang selalu ikhlas membantu dan menyediakan fasilitas.
6. Keluarga tercinta (Ayahanda Nazarudin, Ibunda Tutik Setyaningsih, Kakanda Yanaztama) , terimakasih atas semangat, doa, dukungan, cinta

yang telah diberikan. Hanya Allah yang bisa membalas semua pengorbanan kalian.

7. Teman-teman Fisika (R) 08 yang selalu ikhlas untuk berbagi.
8. Teman-teman seperjuangan penelitian komputasi (aini, rika, erma) terimakasih atas masukan, diskusi dan semangatnya.
9. Teman-teman dari kampung halaman yang telah menjadi keluarga dan saudara terdekat disaat berada pada perantauan.
10. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu

Tidak ada yang sempurna di dunia ini, sama halnya dengan penulisan tugas akhir ini. Masih terdapat banyak kekurangan dalam karya ilmiah ini. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga karya sederhana ini akan memberikan manfaat bagi masyarakat dan perkembangan ilmu pengetahuan. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb,

Yogyakarta, Juli 2012

Penulis

Afika Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DARTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5

BAB II DASAR TEORI

A. Dasar Teori.....	6
1. Sifat Magnet Bahan.....	6
2. Spin Elektron	8
3. Momen Magnet	10
4. Interaksi Tukar	11
6. Model Heisenberg	12
a. Teori Gelombang Spin	14
b. Kasus Feromagnet	15

c. Kasus Antiferomagnet.....	17
d. Kasus Antiferromagnet Kekisi Segitiga	20
7. Metode Newton-Raphson	24
8. Metode Euler	25
B. Kerangka Pikir	26

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
B. Variabel Penelitian.....	28
C. Instrumentasi Penelitian.....	29
1. Perangkat Lunak	29
2. Perangkat Keras	29
D. Teknik Pengambilan Data.....	29
1. Langkah Kerja.....	29
2. Algoritma	30
E. Teknik Analisis Data.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	32
B. Pembahasan.....	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	36
B. Saran	37

DAFTAR PUSTAKA.....	38
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	40
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Frustasi spin magnet pada kekisi segitiga	2
Gambar 2 Skema momen magnet paralel pada ferromagnet	7
Gambar 3 Skema momen magnet dengan arah antiparalel pada antiferromagnet	8
Gambar 4 Dua buah orientasi momentum sudut spin	9
Gambar 5 Arah momen magnet terhadap elemen luasan	10
Gambar 6 Kekisi segitiga anisotropik	21
Gambar 7 Penggambaran grafis metode Newton-Raphson	25
Gambar 8 Metode Euler	26
Gambar 9 Grafik hubungan kompetisi interaksi J_2/J_1 dengan energi keadaan dasar untuk $S = 1/2$	32
Gambar 10 Grafik hubungan kompetisi interaksi J_2/J_1 dengan magnetisasi untuk $S = 1/2$	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Penurunan rumus	40
Lampiran 2 Keteraturan Magnet	48
Lampiran 3 Tampilan Program	52
Lampiran 4 Daftar Lambang dan Simbol	55