EFEK ^{57}Fe DAN ^{119}Sn *MÖSSBAUER* PADA SENYAWA RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd - Lu)

Suharyana[1], J.M. Cadogan[2] dan D.H. Ryan[2]

[1]*Junisan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*
Universitas Sebelas Maret Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126
[2]*School of Physics, The University of New South Wales, Sydney 2052*

ABSTRAK

EFEK ^{57}Fe DAN ^{119}Sn *MÖSSBAUER* PADA SENYAWA RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd – Lu). Telah digunakan efek ^{57}Fe dan ^{119}Sn *Mössbauer* untuk mempelajari sifat - sifat magnetik senyawa RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd-Lu). Semua senyawa memiliki medan magnetik superhalus pada inti ^{57}Fe sebesar ~19,5 T pada suhu 295K dan kuadrupol *spliting* positif. Hasil eksperimen ^{119}Sn *Mössbauer* menunjukkan bahwa hanya 1/3 posisi Sn yang menstransfer momen magnetik dari Fe tetangga terdekat, sedangkan 2/3 posisi Sn memiliki tetangga terdekat atom - atom Fe yang arah momen magnetiknya antiparalel sehingga tidak menstransfer medan magnetik superhalus.

Kata kunci: ^{57}Fe dan ^{119}Sn *Mössbauer*, RFe_6Sn_6.

ABSTRACT

^{57}Fe AND ^{119}Sn MÖSSBAUER STUDY OF RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd - Lu) COMPOUNDS. The use of ^{57}Fe and ^{119}Sn Mössbauer spectroscopy in the study of rare-earth iron tin RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd-Lu) compounds is presented. All compounds have virtually the same magnetic hyperfine field at the ^{57}Fe nuclei, being -19.5T at 295K and the same positive quadrupole splitting. It has been found that only 1/3 of the Sn sites have all Fe neighbours parallel leading to a transferred hyperfme field whereas the rest of the Sn sites have their Fe neighbours antiparallel leading to a iero transferred hyperfine field

Key words: ^{57}Fe and ^{119}Sn Mössbauer, RFe_6Sn_6.

PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa senyawa logam tanah jarang (R) - besi (Fe) dan tin (Sn) dengan rumus kimia RFe_6Sn_6 hanya akan terbentuk apabila R = logam tanah jarang berat .Y, Gd-Lu. Walaupun senyawa RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd-Er) memiliki struktur kristal yang sama, yaitu ortorombik, tetapi senyawa tersebut, bergantung kepada suhu *aniling*, akan mengkristal menjadi 5 jenis berbeda, yaitu jenis YFe_6Sn_6 (grup ruang Immm) untuk R=Y, jenis $TbFe_6Sn_6$ (Cmcm) untuk R=Gd, Tb dan Dy, jenis $DyFe_6Sn_6$< (Cmcm) untuk R=Dy, jenis $HoFe_6Sn_6$ (Immm) untuk R=Y dan Ho serta jenis $ErFe_6Sn_6$ (Cmcm) untuk R=Er. Senyawa $TmFe_6Sn_6$ dan $LuFe_6Sn_6$ memiliki struktur kristal heksagonal bertipe $HfFe_6Ge_6$ (P6/mmm) [1,2,3]. Hal ini sangat berbeda dengan senyawa keluarga RFe_6Ge_6 (R=Y, Gd-Lu) yang semuanya mengkristal dengan jenis heksagonal $HfFe_6Ge_6$ [4]. Juga telah diketahui bahwa orientasi momen magnetik subkisi Fe untuk RFe_6X_6 adalah antiferomagnetik dibawah suhu *Nëel* T_N~480 K (X = Ge) dan ~550 K (X=Sn), hampir sama untuk semua senyawa tidak bergantung pada jenis unsur logam tanah jarangnya. Sedangkan subkisi logam tanah jarang memiliki suhu transisi magnetik yang sangat jauh berbeda, ~30-2 K [3,5]. Hal-hal tersebut diatas merupakan beberapa alasan mengapa senyawa RFe_6X_6 (X=Ge dan Sn) telah menarik perhatian untuk diteliti lebih lanjut sifat-sifat kemagnetannya.

Di dalam artikel ini disajikan hasil ekperimen efek ^{57}Fe dan ^{119}Sn *Mössbauer* pada senyawa RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd-Lu) sebagai salah satu upaya memahami sifat - sifat magnetik senyawa tersebut.

METODA PERCOBAAN

Sampel RFe_6Sn_6 dibuat dengan cara melebur unsur-unsur yang memiliki kadar kemurnian tinggi (>99.5%) menggunakan teknik las lucutan argon. Sebagai kompensasi hilangnya unsur logam tanah jarang selama berlangsungnya proses peleburan, telah ditambahkan 5% massa logam tanah jarang sebelum dilakukan peleburan. Alloy yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam

Volume 3 No. 2, Pebruari 2001, hal : 83 - 85
ISSN : 1411-1098

tabung vakum kaca *quartz* dan *dianil* pada suhu 1073 K selama 10 hari dan di*quecching* ke dalam air di akhir *aniling*. Alloy tersebut kemudian dibuat serbuk menggunakan *mortar* dan *pestle*.

Karakterisasi struktur kristal dilakukan menggunakan metoda difraksi serbuk sinar-X dengan radiasi Cu-K,pada difraktometer *Siemens* D500, Pola difraksi dianalisis menggunakan metoda *Rietveld* dengan *softwareFullprof* [6]. Analisis termogravimetri (TGA) dilakukan pada suhu 300 - 700 K dengan *Perkin-Elmer* TGA-7 di dalam medan magnet lemah untuk melihat senyawa RFe_6Sn_6 atau fase pengotor, kalau ada, bersifat fero atau ferimagnet. Spektrum ^{57}Fe dan ^{119}Sn *Mössbauer* diperoleh pada suhu ruangan menggunakan mode akselerasi konstan menggunakan spektrometer biasa.

HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

Analisis pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa semua sampel RFe_6Sn_6 hampir berfasa tunggal dan hanya terdapat ~2% fase pengotor RSn_3. Hasil TGA menunjukkan bahwa semua sampel pada suhu 300 - 700 K tidak bersifat fero atau ferimagnetik, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel bersifat para atau antiferomagnetik.

Spektrum ^{57}Fe *Mössbauer* yang diperoleh pada suhu ruangan, lihat Gambar 1, memperlihatkan bahwa subkisi Fe bersifat magnetik, sebuah *sextet* dan tidak terlihat adanya fase paramagnetik atau α Fe. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada suhu ruangan konfigurasi momen magnetik subkisi Fe pada senyawa RFe_6Sn_6 bersifat antiferomagnetik dan tidak mengandung fase pengotor fero atau ferimagnetik.

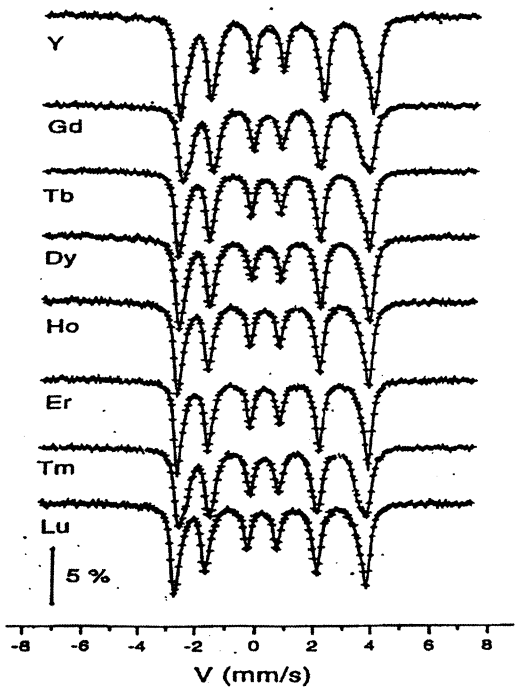
Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa walaupun senyawa RFe_6Sn_6 mengkristal dengan jenis yang berlainan, tetapi semua RFe_6Sn_6 memiliki spektra yang sama, yaitu sebuah *sextet*. Perlu disebutkan di sini bahwa di dalam unit sel struktur RFe_6Sn_6 terdapat lebih dan satu buah posisi Fe. Sebagai contoh, unit sel yang memiliki struktur jenis $TbFe_6Si_6$ memiliki 3 buah posisi Fe yang berbeda. Sedangkan struktur jenis $HfFe_6Ge_6$ hanya memiliki sebuah posisi Fe.

Pada umumnya, spektra ^{57}Fe *Mössbauer* di*fitting* dengan memperhatikan populasi tiap-tiap posisi Fe dan logam tanah jarang di dalam unit sel. Dengan kata lain banyaknya subspektra ditentukan oleh banyaknya posisi Fe di dalam unit sel, sedangkan intensitas dan tiap - tiap subspektra dipengaruhi oleh populasi atom Fe di dalam posisi tersebut dan populasi tetangga terdekat atom tanah jarang. Namun demikian, metoda *fitting* seperti ini tidak dapat diterapkan untuk spektra ^{57}Fe Mössbauer RFe_6Sn_6 karena hanya terdiri atas satu *sextet* saja.

Telah diterima secara umum bahwa volume sel *Wigner-Seitz* berkorelasi dengan medan magnet superhalus Fe. Telah menghitung volume sel *Wigner-Seitz* untuk semua posisi Fe pada semua jenis struktur kristal yang diadopsi oleh RFe_6Sn_6 menggunakan program BLOKJE [6]. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semua posisi Fe, tidak bergantung pada jenis kristal, memiliki volume yang hampir sama, ~11,2 A^3. Disamping itu tiap-tiap atom Fe juga mempunyai jumlah tetangga terdekat atom tanah jarang yang sama [3]. Ini menunjukkan bahwa masing - masing Fe di dalam unit sel kristal jenis RFe_6Sn_6 memiliki lingkungan magnetik yang relatif sama, akibatnya spektrum ^{57}Fe *Mössbauer* RFe_6Sn_6 hanya berupa *sextet* tunggal. Sebenarnya spektrum ^{57}Fe *Mössbauer* RFe_6Sn_6 pada Gambar 1 dapat kami *fitting* menggunakan satu buah *sextet*, tetapi agar diperoleh hasil *fitting* yang baik, kami menggunakan dua buah subspektra. Nilai rata-rata medan magnetik superhalus (B), Kuadrupol *spliting* (QS) dan pergeseran isomer (IS) relatif terhadap Fe, kami tampilkan di Tabel 1. Dapat dilihat bahwa nilai semua besaran tersebut hampir sama, tidak bergantung pada jenis logam tanah jarangnya. Hal ini menunjukkan bahwa secara magnetik, semua atom Fe memiliki lingkungan yang relatif sama. Disamping itu, hasil ini juga mengindikasikan bahwa interaksi antara subkisi logam tanah jarang dengan subkisi Fe sangat lemah. Semua senyawa RFe_6Sn_6 memiliki kuadrupol yang bernilai positif, menunjukkan semua Fe memiliki arah momen magnetik yang sama.

Hasil eksperimen efek ^{119}Sn *Mössbauer* pada RFe_6Sn_6 (R=Y, Gd-Er) diperlihatkan pada Gambar 3. Terlihat dengan jelas bahwa semua senyawa memiliki spektrum yang hampir sama, terlihat adanya bagian magnetik dan nonmagnetik, tidak bergantung pada jenis unsur logam tanah jarang bersifat magnetik atau tidak. Perlu diingat bahwa Sn adalah atom nonmagnetik. Dengan demikian medan magnetik superhalus seperti terlihat di Gambar 3 pasti berasal dan atom Fe, dan bukan dari atom logam tanah jarang. Hasil *fitting* mengindikasikan bahwa ~35% posisi Sn di dalam unit sel menstransfer medan superhalus sebesar 24,6 T sedangkan sisanya, ~65% Sn tidak menstransfer medan superhalus.

Untuk menjelaskan fenomena di atas, akan ditinjau struktur magnetik YFe_6Sn_6, karena di dalam senyawa ini hanya atom Fe saja yang memiliki momen magnetik. Hasil perhitungan unit sel *Wigner-Seitz* sel menunjukkan bahwa semua posisi atom Sn di dalam unit sel memiliki 6 atom Fe tetangga terdekat. Hasil studi difraksi neutron pada YFe_6Sn_6 [8] menunjukkan bahwa terdapat Sn pada posisi 4*g* dan 4*h*, total sebanyak 5 buah posisi, yang memiliki 3 tetangga terdekat Fe dengan momen mengarah sepanjang [100] dan 3 tetangga terdekat Fe dengan momen mengarah antiparalel sepanjang [-100], sehingga menghasilkan netto transfer momen magnetik sebesar nol. Sn pada posisi 4*e* dan 8*h* semuanya memiliki tetangga terdekat Fe yang semua momennya paralel. Momen magnetik inilah yang ditransferkan ke Sn, sebagaimana terlihat pada spektrum ^{119}Sn *Mössbauer*. Jumlah atom Sn di posisi 4*e* dan 8*h* adalah 1/3 dari jumlah total atom Sn di dalam unit sel YFe_6Sn_6, sesuai dengan hasil eksperimen ^{119}Sn *Mössbauer*.



Gambar 1. Spektrum ^{57}Fe *Mössbauer* RFe_6Sn_6 pada suhu kamar.

Tabel 1. Hasil *fitting* rata-rata konstanta ^{119}Fe *Mössbauer* RFe_6Sn_6 pada suhu 295K:(a) medan magnet superhalus (B), (b)kuadrupol *spliting* (QS) dan (c) pergeseran isomer (IS) relatif terhadap α Fe

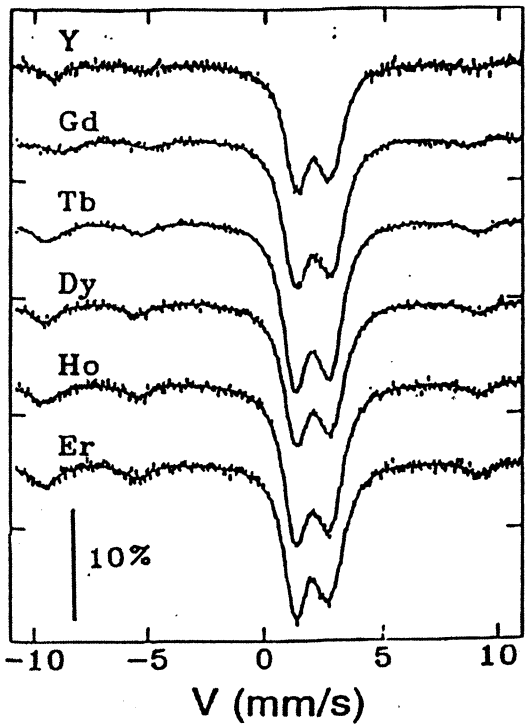
No	Senyawa	B_{hf}(T)	IS(mm/s)	QS(mm/s)
1.	YFe_6Sn_6	19,6(2)	0,482(5)	0,321(5)
2.	$GdFe_6Sn_6$	19,4	0,463	0,327
3.	$TbFe_6Sn_6$	19,8	0,478	0,312
4.	$DyFe_6Sn_6$	19,8	0,488	0,331
5.	$HoFe_6Sn_6$	19,5	0,459	0,335
6.	$ErFe_6Sn_6$	19,9	0,466	0,320
7.	$TmFe_6Sn_6$	19,3	0,475	0,325
8.	$LuFe_6Sn_6$	19,7	0,481	0,325

KESIMPULAN

Senyawa RFe_6Sn_6 bersifat antiferomagnetik. Semua atom Fe, tidak bergantung pada jenis struktur kristalnya, memiliki lingkungan magnetik yang sangat mirip dan mempunyai konfigurasi momen magnetik yang sama. Hasil eksperimen ^{57}Fe *Mössbauer* juga mengindikasikan bahwa interaksi antara subkisi logam tanah jarang dengan subkisi Fe sangat lemah, konsekuensinya suhu transisi untuk subkisi logam tanah jarang dan Fe akan berbeda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Makalah ini merupakan bagian dan disertasi penulis yang belum sempat dipublikasikan. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada Prof. J. M. Cadogan dan Prof. D. H. Ryan yang telah bertindak sebagai supervisor penulis.



Gambar 2. Spektrum ^{119}Sn *Mössbauer* RFe_6Sn_6 pada suhu kamar. Garis vertikal menunjukkan 10% serapan

DAFTAR ACUAN

[1]. CHAFIK EL LDRISSI, B., VENTURINI, G., AND MALAMAN, B,, *Mater. Res. Bull.* **26**,(1991)1331.
[2]. RAO, X. L. AND COCY, J. M. D., *J. Appl. Phys.* **81**, (1997)5181.
[3]. SUHARYANA, *Descitasi PhD, School of Physics*, The University of New South Wales, 2000.
[4]. VENTURINI, G,, WELTER, R. AND MALAMAN, B,. *J. Alloys. Compd.* **185**, (1992)99.
[5]. RYAN, D. H. AND CADOGAN, J.M., *J. Appl.Phys.* **79**, (1996)6004.
[6]. RODRIGUEZ-CARVAJAL, J., *Physica* **B192**, (1993)55
[7]. GELATO, L.*J. Appl. Crystallogr.* **14**, (1992)151.
[8]. CADOGAN, J. M., SUHARYANA, RYAN. D. H., MOZE, 0., KOCKELMANN, W,, *J. Appl. Phys.* **87**, (2000)6046.