



Program Magister Pendidikan Fisika
Program Pascasarjana
Universitas Ahmad Dahlan

ISSN 2085-0379

PROSIDING

Seminar Nasional Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya

Volume 2 Nomor 1
Mei 2009

Jalan Pramuka 42, Lantai III Ruang A3.01, Yogyakarta 55161

Online: <http://www.pasca-pfisika.uad.ac.id/seminar.htm>, Email : seminarfisika@yahoo.com

PROSIDING

Seminar Nasional Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya

Terbit 6 bulan sekali
Diterbitkan sejak November 2008

Volume 2 Nomor 1
Mei 2009



DEWAN REDAKSI

Pemimpin Redaksi : Dr. H. Raden Oktova

Redaksi Ahli

Prof. Dr. H. Achmad Hinduan, M.Sc.
Dr. H. Budhy Kurniawan
Dr. H. Raden Oktova

Disain Grafis : Apik Rusdiarna, S.Si.
Tata Usaha : Nanik Arkiyah, S.I.P.

Alamat Redaksi
Program Magister Pendidikan Fisika
Program Pascasarjana, Universitas Ahmad Dahlan
Kampus II, Jalan Pramuka 42, Lantai III Ruang A3.01, Yogyakarta 55161
Tel. (0274) 371120, faks (0274) 450368
E-mail: seminarfisika@yahoo.com
Online: <http://www.pasca-pfisika.uad.ac.id/seminar.htm>

DAFTAR ISI

ANALISIS FASA KRISTAL TERBENTUK PADA BAHAN GELAS METALIK BERBASIS ZIRKONIUM ANTARA TEMPERATUR 440 - 480°C Fatimatul Munawaroh, Triwikantoro	1
NANOKRISTALISASI SUPERKONDUKTOR $(\text{Bi, Pb})_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ DENGAN METODE PENCAMPURAN BASAH Lydia Rohmawati, Darminto	7
PENGARUH CACAH KACA PENUTUP TERHADAP KENAIKAN MAKSIMUM SUHU AIR TANDON PADA ALAT PERAGA KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR MODEL SERPENTIN Singgih Santoso, Raden Oktova	11
PARADOKS SI KEMBAR DALAM TEORI RELATIVITAS KHUSUS SEBAGAI MATERI PENGAYAAN DI SMA Hery Kustanto, Raden Oktova	18
✓ PENGARUH TEBAL LAPISAN PADA TEBAL DINDING <i>DOMAIN</i> TIPE BLOCH DAN NEEL PADA BAHAN <i>PERMALLOY</i> Moh. Toifur	24
OPTIMASI KOMPOSISI MOLAR AWAL OFF-STOIKIOMETRI PADA SINTESIS SUPERKONDUKTOR SISTEM Bi-2223 Dwi Teguh Rahardjo, Surantoro	30
PERBAIKAN REPRODUSIBILITAS FABRIKASI DAN STABILITAS IMPEDANSI FILM KOMPOSIT PVA-ELEKTROLIT DENGAN MODIFIKATOR Cr_2O_3 SEBAGAI MATERIAL SENSITIF KELEMBABAN Sri Budiawanti	37

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah *s.w.t.* atas penerbitan Prosiding Seminar Nasional Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya (SFPA) Vol. 2 No. 1 edisi Mei 2009. Edisi ini memuat makalah-makalah yang telah disajikan dalam SFPA 2008 namun belum dimuat dalam Prosiding SFPA edisi November 2008 yll. Sebagaimana kita ketahui, SFPA 2008 yang diselenggarakan oleh Program Magister Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana Universitas Ahmad Dahlan (PPS UAD) telah berlangsung di Auditorium Kampus II UAD Yogyakarta pada tanggal 29 November 2008, dan ke depan *Insyah' Allah* kami bermaksud menyelenggarakan seminar ini setiap tahun.

Prosiding ini menampilkan tujuh makalah terbaik yang disampaikan dalam SFPA 2008, dalam arti menampilkan penelitian yang *up to date* dan mengacu pada makalah-makalah jurnal internasional. Makalah-makalah tersebut, bersama dua makalah lainnya, semula akan dimuat dalam Jurnal BERKALA FISIKA INDONESIA Vol. 1 (No. 1 dan 2) 2009, namun karena ada kendala teknis jurnal tersebut tidak jadi terbit pada tahun ini, dan kedua makalah lainnya terpaksa tidak dapat disajikan dalam prosiding ini karena tidak lolos seleksi *review*.

Akhirulkalam, semoga penerbitan prosiding ini bermanfaat.

Wassalaam,

Dr. H. Raden Oktova
Pemimpin Redaksi

PENGARUH TEBAL LAPISAN PADA TEBAL DINDING *DOMAIN* TIPE BLOCH DAN NEEL PADA BAHAN *PERMALLOY*

Moh. Toifur

FMIPA Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Kampus III, Jl. Prof. Dr. Soepomo Janturan Yogyakarta 55164, Telp. 381523
E-mail: mtoifur@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini ditampilkan hasil komputasi pengaruh tebal lapisan pada tebal dinding domain tipe Bloch dan Neel dengan pendekatan model silinder elipsoidal. Rumus ketergantungan tebal dinding domain terhadap tebal lapisan diperoleh dari minimalisasi energi sistem yang terdiri dari energi pertukaran, energi anisotropi dan energi magnetostatik. Parameter yang diatur berupa energi anisotropi, magnetisasi jenuh, konstanta anisotropi orde 1 untuk bahan *permalloy*, sedangkan tebal lapisan di pasang mulai dari 0 - 1800Å. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dinding domain tipe Bloch semakin tebal lapisan semakin tebal dinding domain, sedangkan untuk dinding domain tipe Neel menunjukkan terdapat kecenderungan semakin tebal lapisan, tebal dinding domain semakin berkurang. Dari energinya, pada kedua tipe dinding domain diketahui energi sistem menurun secara eksponensial terhadap tebal lapisan, namun untuk ketebalan kurang dari 1000Å energi dinding tipe Neel jauh lebih besar dibandingkan energi dinding domain tipe Bloch.

Kata kunci: dinding domain, silinder elipsoidal, *permalloy*, Neel dan Bloch

I. PENDAHULUAN

Dinding domain merupakan daerah transisi pada perbatasan antara dua domain magnetik dimana nilai magnetisasi berubah dari domain satu ke domain berikutnya. Dalam bidang kemagnetan mengetahui tebal dinding domain merupakan hal yang penting karena memerankan kemudahan spin pada *domain* tersebut untuk bergerak mengikuti pengaruh energi yang berasal dari medan magnetisasi. Zhao, *et al.* (2000) meneliti bahwa tebal dinding domain diantaranya tergantung pada kekasaran bahan. Pada bahan *bulk* dinding domain bertipe Bloch dimana magnetisasi berputar melalui bidang dinding. Pada lapisan tipis dinding domain bertipe Neel dimana magnetisasi berputar pada permukaan dinding. Jika bahan *bulk* ditipiskan maka tipe dinding domain berubah dari Bloch ke Neel. Hal ini telah diteliti oleh Redjadal, *et al.* (2000) dimana dinding Bloch ditemukan pada ketebalan 2,56 µm sedangkan dinding Neel ditemukan pada ketebalan 0,16 µm. Kajian mengenai tebal dinding domain ini sudah terasa penting karena pada pembuatan lapisan tipis *permalloy* yang dilakukan peneliti dengan teknik *sputtering* dengan memvariasi waktu deposisi dari 30 sampai dengan 150 menit, ketebalan lapisan yang diperoleh secara perhitungan diantara (0,46 ± 0,01) µm sampai (1,33 ± 0,21) µm. Ketebalan ini jika merujuk pada hasil penelitian Redjadal, dkk. sudah mendekati ke tipe Neel. Lain dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Eri Darmawati (1997) yang melakukan *sputtering* dalam waktu 30 menit dihasilkan lapisan dengan ketebalan ratusan mikrometer. Ketebalan lapisan tersebut tidak diukur secara langsung namun menggunakan perhitungan dengan data-data dari hasil spektroskopi inframerah berupa indeks bias substrat dan panjang gelombang puncak-puncak serapan sebagaimana metode yang dilakukan oleh Matsuda (1998). Dengan ketebalan tersebut dinding domain yang terbentuk cenderung masih berjenis Bloch. Pengamatan tebal dinding secara eksperimen biasanya dilakukan dengan alat Magneto-optik Kerr, Mikroskop elektron dan metode pola Bitter. Pendekatan yang cukup baik sebagaimana diungkapkan oleh Soohoo (1991) yaitu dengan model silinder elipsoidal. Model ini dapat diterapkan baik untuk dinding tipe Bloch maupun Neel. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan simulasi awal mengenai pengaruh tebal lapisan terhadap tebal dinding *domain* mengikuti model yang ditawarkan oleh Soohoo. Parameter yang diset diambil dari bahan *permalloy* berupa energi anisotropi (A), magnetisasi jenuh (M_s), konstanta anisotropi orde 1 (K_1), sedangkan tebal lapisan T di pasang berubah secara teratur mulai dari tebal 0 - 3000Å, 3000 - 13000Å dan D diberlakukan sebagai variabel terikat. Simulasi diberlakukan untuk dinding Bloch dan Neel. Selain itu juga disimulasikan energi dinding yang diperoleh dengan menggunakan syarat minimum energi total sistem. Setelah itu juga dianalisis tebal kritis dari dinding Neel. Untuk melengkapi informasi mengenai tebal dinding domain dan energi lapisan tipis ini, maka dibandingkan pula dengan tebal dinding dan energi bahan *bulknya*.

II. DASAR TEORI

1. Dinding tipe Bloch

Pendekatan dinding domain dengan model silinder elipsoidal sebagaimana yang diungkapkan oleh Soohoo (1954) menjadi lebih mudah jika dituliskan energi magnetostatik dalam faktor demagnetisasi elipsoidal. Dengan memulai perhitungan dari besarnya energi magnetostatik E_m adalah

$$E_m = -\frac{1}{2} H_m M_s \quad (1)$$

dengan H_m medan demagnetisasi dan M_s magnetisasi efektif tegak lurus bidang lapisan. Besarnya energi dinding domain total dinyatakan dengan jumlah dari energi pertukaran, energi anisotropi, dan energi magnetostatik:

$$E_B = E_{ex} + E_A + E_m \quad (2)$$

atau

$$E_B = A \left(\frac{\pi}{D} \right)^2 D + \frac{K_1}{2} D + \frac{\pi D^2}{T+D} M_s^2 \quad (3)$$

dengan

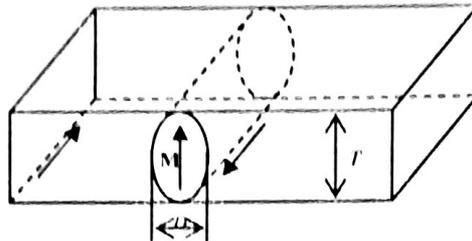
D = tebal dinding domain

T = tebal lapisan

K_1 = konstanta anisotropi orde 1

M_s = magnetisasi jenuh

A = konstantan penukar ($= 2JS^2/a$, dengan J bilangan bulat penukar, S spin, a konstanta kekisi)



Gambar 1. Pendekatan dinding Bloch dengan silinder elipsoidal

Tebal dinding domain dapat diperoleh dengan meminimalkan E_B pada pers. (3) terhadap D sehingga diperoleh persamaan

$$\frac{A\pi^2}{D^2} - \pi M_s^2 \frac{D^2 + 2DT}{(D+T)^2} = \frac{K_1}{2} \quad (4)$$

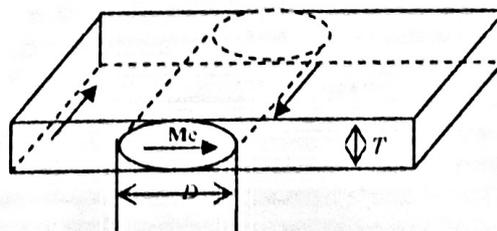
Persamaan tersebut dapat disusun kembali menjadi persamaan baru yang memungkinkan untuk dilakukan simulasi untuk menentukan tebal dinding domain D :

$$(\pi M_s^2 + K_1/2)D^4 + (2\pi M_s^2 T + K_1 T)D^2 - (A\pi^2 - K_1 T^2/2)D^2 - (2A\pi^2 T)D - (A\pi T^2) = 0 \quad (5)$$

Dengan menginputkan data-data A , K_1 , M_s dan T maka dapat diperoleh D yang merupakan akar-akar pers. (5). Selanjutnya dengan mensubstitusikan nilai D yang diperoleh pada pers. (3) maka diperoleh E_B .

2. Dinding tipe Neel

Untuk lapisan yang sangat tipis, medan demagnetisasi pada arah normal permukaan lapisan sama dengan $4\pi M_s$, kira-kira besarnya 10^4 gauss. Karena besarnya medan demagnetisasi maka secara energi tak memungkinkan memiliki spin terpisah dari spin-spin di permukaan sebagaimana yang terjadi pada dinding Bloch.



Gambar 2. Pendekatan silinder elipsoidal dinding Neel.

Selanjutnya untuk E_{ex} dan E_d sama sebagaimana pada dinding tipe Bloch. Untuk energi magnetostatik dinding dapat didekati dengan silinder dengan tampang lintang berbentuk elipsoida kecuali jika sumbu panjangnya berada pada bidang film sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan memasukkan faktor demagnetisasi pada bidang film dan energi magnetostatik maka diperoleh energi dinding total

$$E_N = A \left(\frac{\pi}{D} \right)^2 D + \frac{K_1}{2} D + \frac{\pi DT}{D+T} M_s^2 \quad (6.a)$$

Dengan meminimalkan E_N terhadap D maka diperoleh persamaan

$$\frac{A\pi^2}{D^2} - \frac{\pi T^2}{(D+T)^2} M_s^2 = \frac{K_1}{2}. \quad (6.b)$$

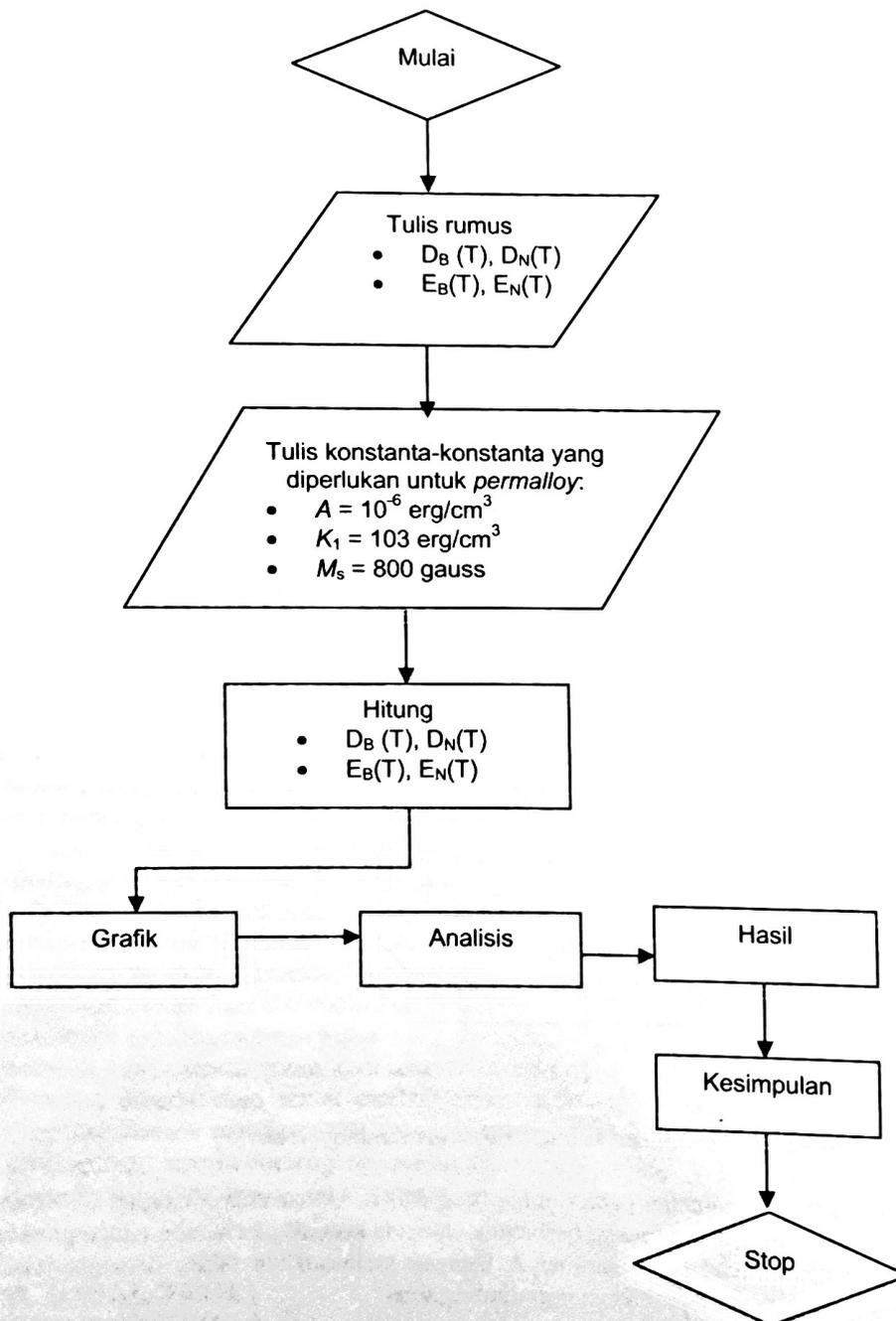
Jika persamaan ini diolah lagi akan menghasilkan persamaan orde 4 dalam D yang berbentuk:

$$\frac{1}{2} K_1 D^4 + K_1 T D^3 + \left(\frac{1}{2} K_1 T^2 + \pi T^2 M_s^2 - A\pi^2 \right) D^2 - 2A\pi^2 T D - A\pi^2 T^2 = 0 \quad (7)$$

Dengan menggunakan nilai D yang merupakan akar-akar dari pada pers. (7) maka nilai E_N yang diberikan oleh (5) dapat ditentukan. Selanjutnya untuk nilai T yang diset pada suatu interval maka ketergantungan D dan E_N terhadap T untuk dinding Neel dapat diketahui.

III. METODE PENELITIAN

Setelah ditemukan adanya hubungan antara D , T , M_s , A dan K_1 kemudian dibuat simulasi untuk mencari D dengan cara memvariasi T . Diagram alir pembuatan program dilaksanakan menurut urutan-urutan seperti pada Gambar 3.



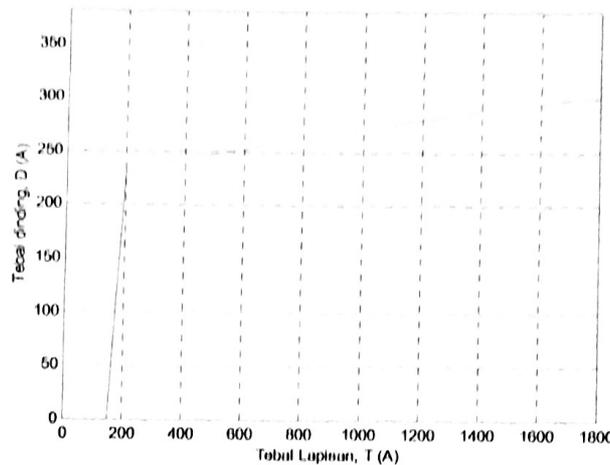
Gambar 3. Diagram alir penentuan tebal dinding domain dan energi total sistem

Untuk bahan *permalloy* diperoleh konstanta konstanta $A = 10^{-6}$ erg/cm³, $K_1 = 103$ erg/cm³ dan $M_s = 800$ gauss. Komputasi dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab versi 5.3.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tebal dinding Bloch dan Energi Sistem dengan Pendekatan Silinder Elipsoidal

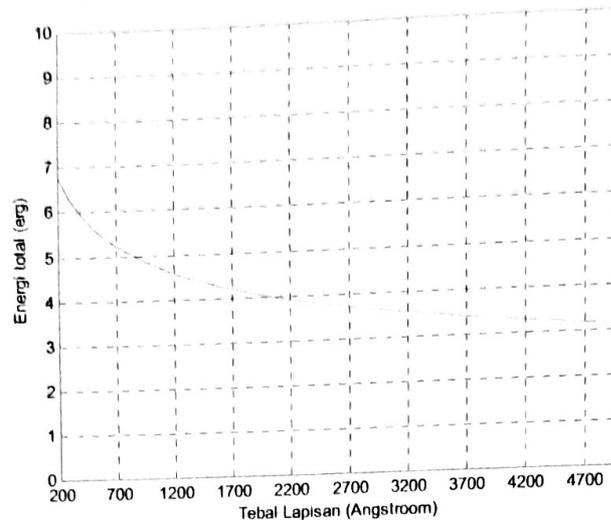
Hasil eksekusi tentang tebal dinding (D) yang mengikuti model ini dengan mengikuti pers. (4) ditampilkan pada Gambar 4. Karena pers. (4) merupakan persamaan orde 4 dalam D , maka terdapat 4 akar persamaan untuk D . Dari keempat macam akar D tersebut satu-satunya yang mungkin yaitu bernilai riil adalah D_2 . Untuk D_1 semuanya bernilai negatif sehingga secara fisis tidak punya arti. Selanjutnya D_3 dan D_4 berbentuk kompleks dengan bagian real bernilai negatif. Ini juga tidak memiliki arti fisis. Oleh karena itu plot D_2 terhadap T dengan mengambil T dari 0 - 1800Å diperoleh kurva seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Kurva hubungan tebal dinding domain D terhadap tebal lapisan T mengikuti model silinder elipsoidal

Interval untuk T diambil pada batas-batas tersebut karena mensinkronkan dengan Modelhoek yang telah terlebih dulu melakukan komputasi yang hasilnya dapat dilihat pada Sooho (1954). Dari Gambar 4 untuk tebal T kurang dari 200Å nilai D negatif dan hal ini tidak memiliki arti. Ini berarti secara komputasi tidak memungkinkan menemukan spin yang mampu berputar 180° jika ketebalan lapisan kurang dari 200Å. Hal ini tidak sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Middelhoek dimana perputaran 180° tetap dapat terjadi walaupun sampai tebal lapisan hingga 0Å. Ada kemungkinan hasil yang penulis peroleh lebih realistis dibanding hasil yang diperoleh Modelhoek, namun ada kemungkinan metode komputasi yang penulis lakukan perlu diperbaiki sehingga diperoleh nilai D untuk T kurang dari 200Å. Pada ketebalan 200Å diperoleh D sebesar 231Å. Hasil ini sesuai dengan Middelhoek yaitu sekitar 200Å. Untuk ketebalan lapisan lebih besar dari 200 Å terdapat kecenderungan semakin tebal lapisan maka tebal dinding domain semakin tebal pula, namun untuk tebal 1800Å, D yang diperoleh penulis 303Å sedangkan menurut Middelhoek hampir 400Å.

Selanjutnya pada Gambar 4 ditampilkan energi sistem untuk lapisan tipis tipe Bloch yang dihitung mengikuti pers. (2). Dari Gambar tersebut tampak adanya kecenderungan semakin tebal lapisan maka energi sistem semakin kecil. Artinya pada lapisan tebal spin-spin lebih mudah stabil pada energi minimum. Penurunan D terjadi secara eksponensial terhadap T . Dari pers. (2) diketahui bahwa penyumbang energi sistem terdiri dari energi pertukaran sedangkan energi magnetostatik (E_m) menyumbang bentuk penurunan D secara eksponensial terhadap T . Mengingat E_m bersumber pada medan demagnetisasi maka besarnya medan demagnetisasi ini akan turun secara drastis jika tebal lapisan bertambah.



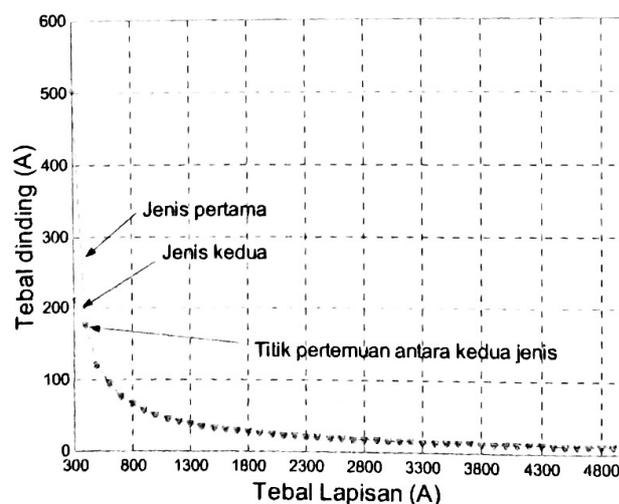
Gambar 4. Energi total sistem untuk lapisan tipis tipe Bloch

4.3. Tebal dinding domain tipe Neel

Dengan pers. (7) maka dapat ditentukan nilai-nilai D yang merupakan akar-akar persamaannya. Dari keempat nilai D tersebut maka D_1 dan D_2 tidak mungkin karena bernilai negatif. D_3 dan D_4 walaupun berbentuk bilangan kompleks namun bagian realnya positif sehingga dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh tebal lapisan terhadap tebal dinding. Untuk D_3 diberi identitas jenis pertama sedangkan untuk D_4 diberi identitas jenis kedua.

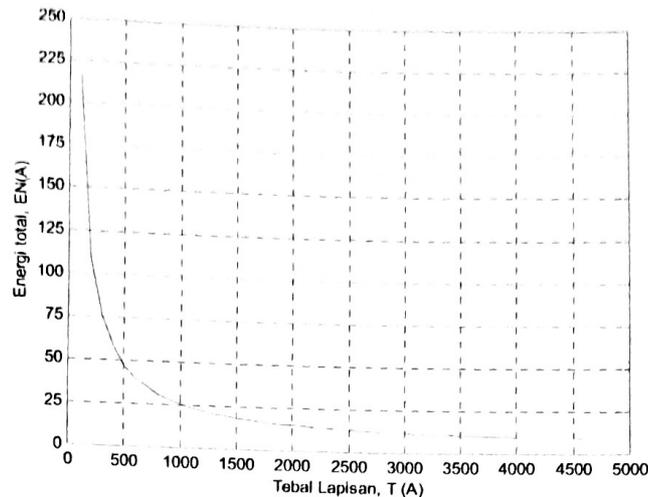
Pada ketebalan 0 - 300 Å, D_3 dan D_4 bernilai negatif dimana nilai ini memiliki arti secara fisis. Hal ini sebagaimana pada dinding Bloch- kemungkinan disebabkan kelemahan pada program sehingga seharusnya nilai D pada T kurang dari 300 Å tersebut ada, atau jika programnya sudah benar secara fisis memang spin elektron tidak dapat berputar jika tebal dinding kurang dari 300 Å. Hal ini berbeda dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh Middelhoek yang menunjukkan tetap adanya nilai D walaupun tebal lapisan $T = 0$ Å.

Pada dinding domain jenis pertama untuk lapisan dengan ketebalan 300 Å berkorelasi dengan tebal dinding sekitar 500 Å, sementara pada dinding domain jenis kedua bersesuaian dengan tebal dinding sekitar 200 Å. Kedua jenis dinding domain bertemu pada ketebalan lapisan mulai 400 Å dan seterusnya. Oleh karena itu pada Gambar 5 ditampilkan kurva hubungan hubungan antara D dan T secara bersama-sama antara kedua jenis dinding domain tersebut.



Gambar 5. Tebal dinding domain tipe Neel untuk lapisan dengan ketebalan lebih dari 300 Å.

Pada Gambar 11 ditampilkan kurva energi total sistem yang dihitung berdasarkan pers. (6). Tampak bahwa semakin tebal lapisan energinya semakin turun. Pada ketebalan 0 - 400 Å energi lapisan turun cukup tajam dari sekitar 150 erg menjadi sekitar 40 erg, sedangkan pada ketebalan diatas 400 Å penurunan terhadap energi total relatif kecil.



Gambar 6. Energi sistem untuk dinding tipe Neel model silinder elipsoida

Pada dinding domain tipe Neel ini energi totalnya masih teridentifikasi walaupun lapisan memiliki ketebalan kurang dari 200Å. Berbeda dengan energi total pada dinding domain tipe Bloch, untuk lapisan dengan ketebalan kurang dari 200Å energi totalnya tidak dapat dideteksi. Demikian pula tingkat energi totalnya untuk lapisan dengan tebal kurang dari 1000Å jauh lebih tinggi dibandingkan energi total pada tipe Bloch. Sebagai contoh pada tebal 200Å tebal energi Neel sebesar 100 erg sementara untuk tipe Bloch sekitar 7 erg. Besarnya perbedaan tersebut menggambarkan betapa pada lapisan tipis dengan dinding domain tipe Neel membutuhkan energi yang besar untuk dapat berputar 180° hal mana tidak diperlukan energi yang besar untuk dinding domain tipe Bloch.

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum pada dinding domain tipe Bloch terdapat kecenderungan semakin tebal lapisan tebal dinding domain semakin tebal, kecuali untuk tebal lapisan kurang dari 200Å tidak bisa diamati karena secara komputasi menghasilkan tebal negatif. Pada dinding domain tipe Neel terdapat kecenderungan semakin tebal lapisan tebal dinding domain berkurang secara eksponensial. Ditemukan dua macam tebal dinding yang memberikan energi minimum. Profil keduanya berbeda khususnya pada tebal lapisan kurang dari 400Å sementara pada ketebalan lebih dari 400Å tidak ditemukan perbedaan energi total. Untuk ketebalan kurang dari 1000Å energi dinding tipe Neel jauh lebih besar dibandingkan energi dinding domain tipe Bloch, namun secara umum energi keduanya mengalami penurunan secara eksponensial terhadap tebal lapisan.

Untuk memperoleh tebal dinding domain khususnya pada tebal lapisan di bawah 300Å sebaiknya digunakan teknik lain agar dapat memberikan nilai D yang tidak negatif. Hal ini penting mengingat informasi D (T) pada jangkauan ketebalan tersebut merupakan wilayah lapisan tipis. Perlu dilakukan pembahasan lebih detail tentang tempat pertemuan kurva energi antara lapisan tipis dan bahan *bulk* sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan kapan lapisan tipis disebut sebagai *bulk*.

DAFTAR PUSTAKA

- Eri Darmawati, 1997, "Pengaruh Suhu Substrat pada Resistivitas Lapisan Tipis NiFe", PKL, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Etter, D. M., 1993, "Engineering Problem Solving with MATLAB", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Landau, L. and Lifshitz, E., *Physik Z. Sowjetunion*, 8:153 (1935)
- Matsuda, A., 1998, "Amorphous Silicon from Glow-Discharge Plasma", *Proceedings International Workshop on The Physics of Materials*, Jakarta, 11-15 January, 215-484.
- Redjidal, M., Trunk, T. And Ruane, M.F., 2000, "Transitional Domain Wall Structure in Permalloy Magnetic Films With Decreasing Thickness", *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 36, No. 5, September 2000.
- Sooahoo, R.F., 1991, "Magnetic Thin Films", New York: Harper and Row.
- Zhao, Y.P., Gamache, R.M., Wang, G.C., Lu, T.M., Palasantzas, G., and De Hosson, J. Th., 2000, "Effect Of Surface Roughness on Magnetic Domain Wall Thickness, Domain Size, and Coercivity", *J. Appl. Phys.* 89, 1325 (2001).