Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 178 - 181
ISSN : 1411-1098

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

PERUBAHAN SIFAT MAGNETIK BAHAN KOMPOSIT Fe-C OLEH RADIASI SINAR GAMMA

Yunasfi, Salim Mustofa, Setyo Purwanto, Mashadi dan Tria Madesa
Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

ABSTRAK

PERUBAHAN SIFAT MAGNETIK BAHAN KOMPOSIT Fe-C OLEH RADIASI SINAR GAMMA. Telah dilakukan penelitian terhadap perubahan sifat magnetik bahan komposit Fe-C oleh radiasi sinar gamma. Fe-C dibuat dari campuran serbuk Fe dan serbuk karbon, dengan rasio komposisi berat kandungan Fe dan karbon 50 % dan 50 %. Dalam penelitian ini, diamati perubahan sifat magnetik bahan komposit Fe-C setelah diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 250 kGy. Identifikasi struktur bahan komposit Fe-C yang telah diiradiasi dilakukan dengan metode *XRD* (*X-Ray Diffractometer*) dan karakterisasi sifat magnetik dilakukan dengan menggunakan *VSM* (*Vibrating Sample Magnetometer*). Hasil identifikasi dengan metode *XRD* menunjukkan adanya penurunan intensitas difraksi setelah iradiasi sinar gamma. Hasil pengukuran kurva histeresis M-H dengan *VSM*, menunjukkan bahwa bahan komposit Fe-C setelah diiradiasi memiliki H_c (medan koersiv), M_s (magnetisasi saturasi) serta M_r (magnetisasi remanen) lebih rendah dibanding dengan kondisi sebelum diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 250 kGy. Penurunan ini terjadi karena adanya cacat struktur di dalam bahan komposit Fe-C akibat interaksi radiasi sinar gamma dengan bahan komposit Fe-C.

Kata kunci : Iradiasi Sinar Gamma, Sifat Magnetik, Cacat Struktur

ABSTRACT

MAGNETIC PROPERTIES CHANGE OF Fe-C COMPOSITE MATERIALS BY GAMMA IRRADIATION. Research about magnetic properties change of Fe-C composite materials by gamma irradiation has been carried out. Fe-C composite was prepared from mixing of Fe and carbon powder with ratio of 50 and 50 weight %. In this research, the structure and magnetic properties of Fe-C composite materials after irradiated by 250 kGy dose of gamma ray have been measured and analyzed. Structure of Fe-C was analyzed using X-Ray Diffractometer (XRD), and the magnetic properties was characterized using Vibrating Sample Magnetometer (VSM) equipment. The analyzing results showed the decreasing of x-ray intensity as well as magnetic properties including H_c (coercive field), M_s (saturated magnetisastion) and M_r (remanence magnetization) after gamma irradiation. This decreasing was caused by structure defect within Fe-C composite phase initiated by interaction between radiation of gamma ray with composite materials Fe-C.

Key words : Gamma Irradiation, Magnetic Properties, Structure Defects

PENDAHULUAN

Bahan baru berbasis karbon sedang menjadi primadona penelitian sejak pertama kali diketemukan *Carbon Nano Tube* (*CNT*) pada tahun 1991 [1], yang membuka cakrawala baru tentang kemampuan teknologi nano yang sangat memotivasi dan menggerakkan dunia penelitian mulai dari riset dasar sampai aplikasi industri. Bahan karbon memiliki beberapa struktur *allotrope* diantaranya adalah grafit, *diamond, fullerene, nanotube*, *Diamond Like Carbon* (*DLC*), *glassy* dan *aerogel* [2]. Bahan grafit berstruktur nano dan *carbon nanotube* adalah bahan yang diharapkan dapat menjadi terobosan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai media penyimpan energi listrik dan penyimpan gas hidrogen untuk aplikasi energi alternatif, biosensor, bahan struktur komposit dan *delivery drug* [1-2].

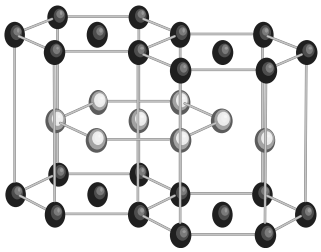
Tingkat impuritas dari partikel magnetik mampu meningkatkan daya adsorpsi grafit atau *CNT* sampai 2 %berat [3]. Penelitian sifat transport elektron pada bahan karbon dan kompositnya menjadi sangat menarik karena berkaitan langsung dengan ketidaksempurnaan struktur kristal dan struktur elektroniknya. Cacat atau kerusakan pada bahan berbasis karbon akan mempengaruhi sifat elektronik dan magnetik sekaligus.

Salah satu dari bahan nanokomposit berbasis karbon yang telah diteliti dan dikembangkan sejak beberapa tahun yang lalu adalah bahan komposit Fe-C. Penelitian dan pengembangan bahan ini sangat menarik

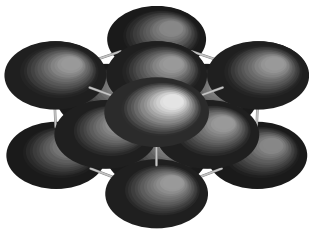
karena Fe-C menunjukkan konduktivitas elektrik dan transmisi cahaya yang rendah [4].

Penelitian tentang efek radiasi pada karbon telah dilakukan di negara-negara maju sejak tahun 1950-an. Khususnya grafit yang sangat menarik dalam penelitian karena grafit banyak digunakan dalam reaktor nuklir. Karbon (grafit) yang diiradiasi dengan radiasi pengion (energi tinggi) menyebabkan terjadinya cacat pada strukturnya. Cacat ini dihasilkan dari pergeseran atom akibat dari interaksi radiasi pengion (radiasi energi tinggi) dengan bahan tersebut [5].

Grafit mempunyai struktur kristal heksagonal dengan sumbu C[002], seperti ditunjukkan pada Gambar 1 sedangkan kristal Fe dengan struktur *FCC* (*Face Cubic Center*) ditunjukkan pada Gambar 2. Penelitian ini merupakan langkah awal untuk mempelajari perubahan sifat magnetik bahan komposit Fe-C (grafit) yang terjadi akibat adanya radiasi sinar gamma. Identifikasi struktur fasa bahan komposit Fe-C sebelum dan sesudah iradiasi dilakukan dengan difraktometer sinar-X (*X-Ray Diffractometer, XRD*). Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengukuran sifat magnetisasi dengan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*. Untuk penelitian selanjutnya akan dipelajari efek radiasi pada bahan komposit Fe-C, dengan mengamati dosis radiasi yang menyebabkan perubahan sifat magnetik bahan komposit Fe-C, serta efek penambahan kandungan Fe pada bahan komposit Fe-C sehingga diperoleh sifat magnetik Fe-C yang tinggi. Penelitian ini dirasa perlu dilakukan dalam rangka pengaplikasian teknik radiasi (dalam hal ini radiasi sinar gamma) pada industri elektronik.



Gambar 1. Struktur heksagonal grafit



Gambar 2. Struktur *FCC*

METODE PERCOBAAN

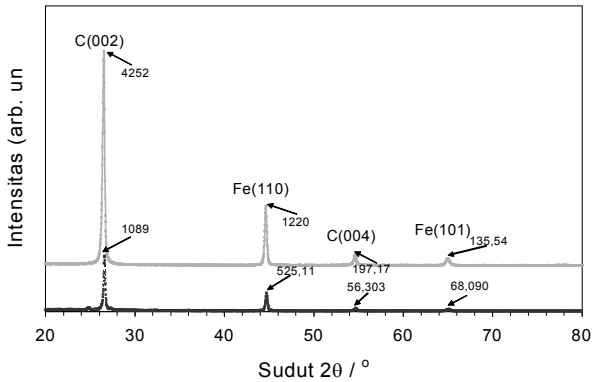
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk Fe 99,9 % dengan ukuran 10 μm hingga 50 μm dan serbuk C (grafit) 99,5 % dengan ukuran 10 μm. Bahan Fe dan C ditimbang dalam prosen berat, dengan komposisi Fe(50)-C(50) dan berat totalnya 20 gram, kemudian dimilling selama 4,5 jam menggunakan *High Energy Milling* (*HEM*), *SPEX CertiPrep 8000M Mixer/Mill* yang terdapat di Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir (BKAN), PTBIN-BATAN dengan perbandingan berat bola/berat sampel sekitar 1,8. Untuk menghindari kerusakan pada alat *milling* akibat peningkatan suhu motor yang terlalu tinggi, maka untuk setiap siklus *milling* selama 90 menit, proses dihentikan sekitar 1 jam untuk tujuan pendinginan motor. Dalam proses *milling* ini *vial* serta bola yang digunakan terbuat dari bahan *stainless steel*.

Serbuk Fe-C yang diperoleh dari proses *milling* kemudian dilakukan identifikasi fasa menggunakan difraktometer sinar-X (*XRD*) Phillips, di Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir (BKAN), PTBIN-BATAN. Karakterisasi sifat magnetik bahan Fe-C dilakukan dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (*VSM*) yang terdapat di BKAN, PTBIN-BATAN, dengan rentang medan magnet luar ± 1 Tesla pada suhu ruang, pertambahan kecepatan dan pengurangan medan magnet luar diatur sebesar 0,25 Tesla per menit.

Sampel Fe-C yang telah diidentifikasi dengan *XRD* dan dikarakterisasi dengan *VSM* ini kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada 250 kGy dari Co-60 sebagai sumber radiasi. Iradiasi sampel Fe-C dilakukan pada fasilitas iradiasi yang ada di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN, Pasar Jum'at – Jakarta. Sampel Fe-C yang telah diiradiasi ini dilakukan kembali identifikasi fasa dengan *XRD* dan karakterisasi sifat magnet dengan *VSM* untuk mengetahui perubahan yang terjadi akibat iradiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola difraksi sinar-X untuk bahan komposit Fe-C (dengan komposisi $Fe_{0,5}C_{0,5}$) sebelum dan sesudah iradiasi dengan sinar gamma pada dosis 250 kGy ditunjukkan pada Gambar 3.

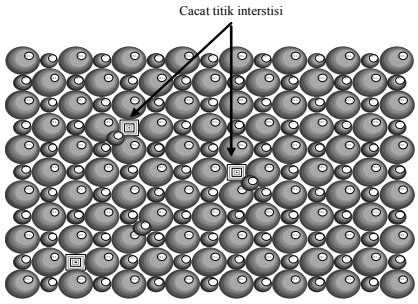


Gambar 3. Pola difraksi sinar-X material komposit Fe-C (——) sebelum dan (——) sesudah iradiasi sinar gamma pada dosis 250 kGy.

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 178 - 181
ISSN : 1411-1098

Gambar 3 tidak terlihat munculnya puncak baru karena Fe-C merupakan bahan komposit dan tidak terjadi reaksi antara Fe dan C oleh radiasi sinar gamma. Dengan iradiasi sinar gamma pada dosis 250 kGy terjadi penurunan intensitas maksimum secara drastis. Penurunan intensitas maksimum untuk C [002] sebesar 74 %, Fe [110] sebesar 57 %, C [004] sebesar 71 % dan Fe [101] sebesar 49 %.

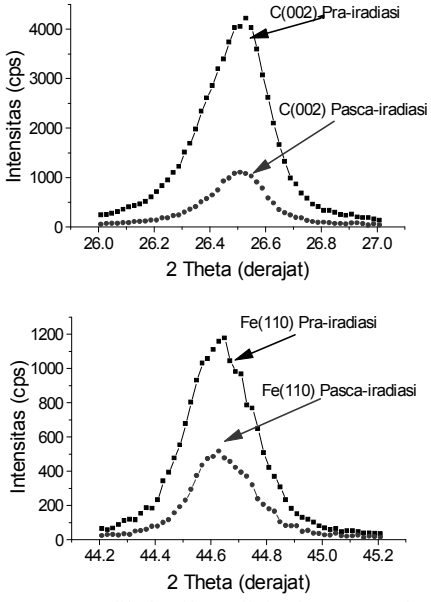
Penurunan intensitas maksimum bahan komposit Fe-C oleh radiasi sinar gamma disebabkan oleh adanya cacat dalam struktur Fe-C. Sinar gamma akan berinteraksi dengan bahan komposit Fe-C dan menimbulkan cacat pada struktur Fe-C dengan salah satu kemungkinan terjadinya cacat titik interstisi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Cacat titik interstisi yang terjadi pada struktur karbon/grafit oleh iradiasi sinar gamma.

Penurunan intensitas ini dibuktikan lebih jauh dengan adanya perubahan luasan dan lebar puncak intensitas maksimum, yang dianalisis dengan menggunakan program origin, seperti ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan data hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pengukuran kurva histerisis M-H untuk Fe-C sebelum dan sesudah iradiasi sinar gamma pada

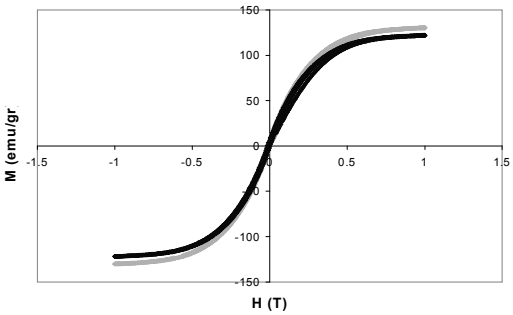


Gambar 5. Grafik hasil analisis data *XRD* dengan program origin untuk C [002] dan Fe [110] sebelum dan sesudah iradiasi sinar gamma

Tabel 1. Data hasil analisis data *XRD* dengan program origin untuk C [002] dan Fe [110]

No	Fe-C	Luasan puncak		Lebar ½ puncak (Å)	
		Pra-irrad.	Pasca-irrad.	Pra-irrad.	Pasca-irrad.
1.	C(002)	1673,6	282,0	0,25056	0,21577
2.	Fe(110)	475,68	110,0	0,24823	0,22792

dosis 250 kGy ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar terlihat bahwa dengan adanya radiasi sinar gamma pada dosis 250 kGy menunjukkan penurunan sifat magnetik bahan komposit Fe-C. Seperti halnya pada perubahan intensitas, penurunan sifat magnetik disini juga dapat dikaitkan dengan adanya cacat struktur yang pada akhirnya akan menurunkan intensitas interaksi magnetik yang terjadi.



Gambar 6. Kurva magnetisasi Fe-C sebelum (——) dan sesudah (——) iradiasi pada dosis 250 kGy

Parameter magnetik untuk M_s (magnetisasi saturasi), H_c (medan koersiv) dan M_r (magnetisasi remanen) dari bahan komposit Fe-C sebelum dan sesudah iradiasi pada dosis 250 kGy, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai parameter magenetik Fe-C sebelum dan sesudah iradiasi pada 250 kGy

Parameter Magnetik	Pra-iradiasi	Pasca-iradiasi
H_c (Oe)	114,5	110,5
M_r (emu/g)	6,22	5,42
M_s (emu/g)	130	122

Pada tabel terlihat bahwa nilai M_s, H_c dan M_r untuk bahan komposit Fe-C berkurang setelah diiradiasi pada dosis 250 kGy. Nilai M_s berkurang sekitar 6 %, nilai berkurang H_c sekitar 3,5 % sedangkan nilai berkurang M_r sekitar 12,9 % oleh radiasi sinar gamma pada dosis 250 kGy.

Prinsip dasar dari iradiasi bahan adalah interaksi radiasi pengion (radiasi energi tinggi) dengan bahan, terutama menyebabkan terjadinya pergeseran atom dari posisi asalnya sehingga terbentuk cacat dalam struktur bahan tersebut [5-7]. Adanya iradiasi sinar gamma sangat memungkinkan terjadinya perubahan struktur kristal ini dalam bentuk cacat interstisi ataupun cacat atom lainnya yang mengakibatkan penurunan intensitas difraksi seperti terlihat Gambar 3. Selanjutnya cacat titik interstisi

yang terbentuk ini akan dapat mempengaruhi sifat elektrik dan magnetik bahan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa iradiasi bahan komposit Fe-C dengan sinar gamma pada dosis 250 kGy menyebabkan penurunan intensitas difraksi dan sifat magnetik bahan komposit Fe-C. Iradiasi bahan komposit Fe-C dangan sinar gamma dapat menimbulkan cacat titik intersisi yang mengakibatkan perubahan intensitas interaksi listrik maupun magnetik antar atom dalam bahan. Namun, sampai batas dosis irradiasi yang digunakan dalam penelitian ini (250 kGy), cacat yang terjadi belum sampai menunjukkan terjadinya perubahan fasa dari struktur bahan komposit Fe-C, hanya cacat struktur pada sebagian bidang-bidang kristal baik C [002] maupun Fe [110].

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Ibu Mujamilah yang telah membantu kami dalam pengukuran sifat magnetik dengan metode *VSM* dan Bapak Yosef Sarwanto yang telah membantu kami dalam pengujian dengan metode *XRD*, serta Bapak Nada Marnada dari PATIR-BATAN, Pasar Jumat, Jakarta yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk melakukan iradiasi sampel.

DAFTAR ACUAN

[1]. Y. GOGOTSI, J.D. JEON and M.J. MACNALLAN, *J. Mater. Chem*., **7** (1997) 1841-1848

[2]. NIKIN and Y. GOGOTSI, *Nanostructured Carbide Drived Carbon* (*CDC*)

[3]. PATRICE GUAY, BARY L.S. and ALAIN R., *Carbon* (2004) 2187-2193

[4]. KENJI ITOZAWA, *Magnetic Recording Medium Containing Iron Carbide*, United State Patent 4748080

[5]. FLORIAN BANHART, *Rep. Prog. Phys.*, **62** (1999) 1181-1221

[6]. ROB H. TELLING, CHRIS P. EWELS, AHLAMAA. EL-BARBARY and MALCOLM I. HEGGIE, Wigner Defects Bridge the Grapithe Gap, *Nature Materials, Advance on Line*, www.nature.com/naturematerials

[7]. CHIH WEN CHEN, *Magnetism and Metallurgy of Soft Magnetic Materials*, Dover Publications, Inc., New York, (1986) 436-477