

# PENGARUH PENAMBAHAN MULTIWALLED KARBON NANOTUBE PADA SIFAT MAGNET BAHAN KOMPOSIT $Fe_{0,8}-C_{0,2}$

**Mashadi dan Setyo Purwanto**

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) – BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang -15314

E- mail : mashadi71@gmail.com

Masuk tanggal : 24-07-2012, revisi tanggal : 05-11-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 19-11-2012

## Intisari

**PENGARUH PENAMBAHAN MULTIWALLED KARBON NANOTUBE PADA SIFAT MAGNET BAHAN KOMPOSIT  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$ .** Telah dilakukan karakterisasi sifat magnetik  $Fe_{0,8}C_{0,2}$  setelah dilakukan penambahan 1% MWNT (*multiwalled karbon nanotube*) dan waktu *milling*.  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  MWNT dibuat melalui proses *milling* dengan menggunakan teknik *ball milling* dengan perbandingan berat bola dan cuplikan 5:1 selama 30 menit, 4,5 jam, 25 jam dan 50 jam. Serbuk  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  MWNT dikarakterisasi sifat magnetiknya dengan VSM (*vibrating sampel magnetometer*), struktur kristalnya dengan teknik difraksi sinar-X dan sifat listriknya dengan LCR meter. Hasil pengukuran sifat magnetik dengan VSM menunjukkan bahwa sifat magnetik: magnetisasi jenuh ( $M_s$ ), magnetisasi remanent ( $M_r$ ) dan kuat medan magnet koersif ( $H_c$ ) mengalami penurunan dengan penambahan waktu *milling*. Hasil karakterisasi dengan XRD, pola difraksi MWNT mempunyai intensitas lebih tinggi dibandingkan pada komposit  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  setelah penambahan MWNT. Hasil pengukuran sifat listrik dengan LCR meter menunjukkan adanya kenaikan konduktansi seiring dengan penambahan waktu *milling*, kecuali untuk waktu *milling* 25 jam. Penambahan MWNT tidak berpengaruh pada struktur kristal komposit  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$ .

*Kata kunci : Karbon nanostruktur, MWNT, Sifat magnetik*

## Abstract

**EFFECT OF MAGNETIC PROPERTIES IN THE ADDITION OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBE TO MATERIAL COMPOSITE  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$ .** Characterization of magnetic properties has been carried out to the  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  after addition of 1% MWNT and varying the milling time.  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  MWNT has been created through a process of milling using ball milling technique and with a weight ratio of ball and sample of 5:1 for 30 minutes, 4.5 hours, 25 hours and 50 hours of milling time. The magnetic properties of  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$  MWNT powder were characterized by VSM (*vibrating sample magnetometer*), the crystalline structure was characterized by X-ray diffraction technique and the electrical properties was measured by the LCR meter. The results of measurements of magnetic properties by VSM show that the magnetic properties: saturation magnetization ( $M_s$ ), remanent magnetization ( $M_r$ ) and coercive strong magnetic field ( $H_c$ ) decreased with the addition of milling time. The results of the XRD showed that the diffraction pattern of MWNT has higher intensity than in the FeC after addition of MWNT. The results of measurement of electrical properties with LCR meter showed a conductance increasing with the increasing of milling time, except at 25 hours milled sample. The addition of MWNT no effect on the crystal structure of the composite  $Fe_{0,8}-C_{0,2}$ .

*Keywords : Karbon nanostructures, MWNT, Magnetic properties*

## PENDAHULUAN

Karbon tabung nano (CNT) ditemukan pertama kali oleh Sumio Iijima pada tahun 1991. Karbon nanotube merupakan lembaran grafit yang membentuk tabung. Lembaran grafit ini tersusun dari ikatan heksagonal atom-atom karbon  $sp^3$ . Jenis

CNT secara umum dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu *single-walled karbon nanotube* (SWNT) dan *multi-walled karbon nanotube* (MWNT).

Karbon tabung nano jenis SWNT memiliki sifat-sifat yang lebih unggul daripada jenis MWNT, namun untuk memperoleh karbon jenis ini tidaklah

mudah. Karena diameternya yang sangat kecil, maka karbon jenis ini banyak diaplikasikan sebagai penyimpan hidrogen untuk *fuel cell*. Sebagian besar SWNT memiliki diameter 1 nm, berdasarkan arah susunan karbon, SWNT adalah sebuah CNT yang memiliki sifat elektrik yang tidak dimiliki oleh MWNT. MWNT harganya tidak semahal harga SWNT, karbon tabung nano jenis ini memiliki banyak aplikasi yang tak kalah dengan SWNT. MWNT terdiri dari beberapa lapis grafit, salah satu jenis MWNT adalah *Double Walled Nanotube* (DWNT). DWNT sangat menarik karena morfologi dan sifat-sifatnya mirip dengan SWNT, tetapi kekuatannya terhadap bahan kimia jauh meningkat<sup>[1]</sup>. Molekul-molekul karbon berbentuk tabung memiliki sifat yang tidak biasa, yang sangat berharga untuk nanoteknologi, elektronik, optik, dan bidang-bidang ilmu material dan teknologi. Secara khusus, karena konduktivitas termal yang luar biasa, serta sifat mekanik dan listrik yang unggul, CNT dapat dipakai sebagai aditif untuk berbagai struktur bahan.

Diameter dari MWNT biasanya dalam kisaran 5 - 50 nm. Jarak interlayer di MWNT dekat dengan jarak antara lapisan graphene dalam grafit. Partikel logam transisi magnetik berukuran nano jika ditanam baik dalam matrik logam atau isolator menyebabkan sifat-sifat magnetik dan magnetotransport seperti *coersivity*, *super paramagnetism*, *giant magnetoresistance* atau *tunnel magnetoresistance* harganya meningkat<sup>[2]</sup>.

Karbon tabung nano memiliki banyak sifat fisik yang unggul sehingga produk karbon tabung nano banyak dimanfaatkan dalam dunia industri untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Sifat-sifat yang dimiliki oleh karbon tabung nano dan pemanfaatannya dalam bidang industri, antara lain adalah pemanfaatan kekuatan mekanisnya yang besar. Karbon tabung nano jenis SWNT memiliki kekuatan tensil sebesar 50-100 GPa dan bilangan *modulus Young* besar 1-2 Tpa. Sedangkan karbon

nanotube jenis MWNT memiliki kekuatan tensil dan *modulus Young* berturut-turut sebesar 11-63 GPa dan 270-950 GPa, memiliki konduktivitas elektronik yang besar. Penambahan karbon tabung nano dalam konsentrasi rendah ke bahan dapat memberikan efek konduktivitas listrik<sup>[3]</sup>.

CNT memiliki sifat-sifat elektrik yang baik karena bersimetri dan memiliki struktur elektronik yang unik. Secara teoritis, CNT dapat mengalirkan arus listrik sebesar  $4 \times 10^9$  A/cm<sup>2</sup>, artinya adalah sekitar 1000 kali lebih baik dibanding tembaga. CNT memiliki konduktansi termal yang sangat baik pada bagian tabungnya, MWNT mempunyai stabilitas listrik dan termal yang baik dibandingkan SWNT<sup>[4]</sup>. Kekuatan dan fleksibilitasnya dapat membuat CNT berpotensi mengontrol struktur berskala nano. CNT akan bekerja sebagai elektroda penyimpan listrik. Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit Fe-C dengan penambahan MWNT 1% menggunakan teknik *ball milling*. Ruang lingkup penelitian ini adalah proses sintesis komposit, karakterisasi dengan difraksi sinar X, studi sifat magnetik dengan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan studi sifat listrik oleh LCR meter. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penambahan MWNT terhadap struktur kristal, sifat magnet dan sifat listrik komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub>

## PROSEDUR PERCOBAAN

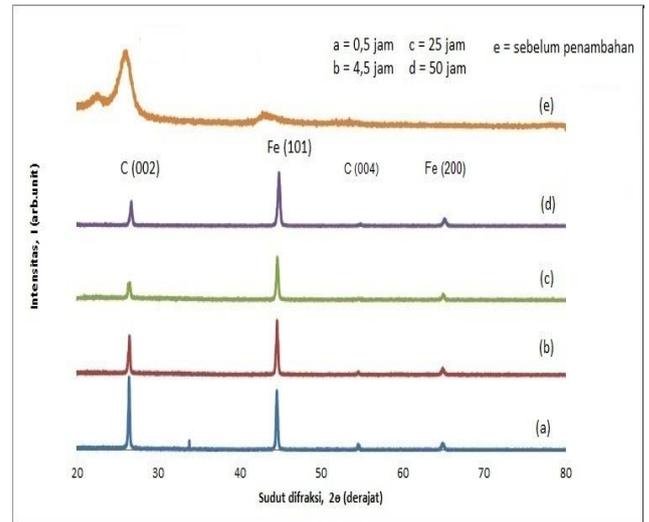
Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah serbuk Fe 99,9% ukuran kurang dari 10  $\mu$ m (buatan dari *Aldrich*), sedangkan serbuk C (Grafit) 99,5% yang berukuran partikel kurang 50  $\mu$ m (buatan dari *Merck*) dan MWNT 95 % berukuran diameter luar : 30 -50 nm (buatan dari *Cheap Tubes Inc*). Fe dengan berat persen 80% dicampurkan karbon (C) dengan berat persen 19%, dan selanjutnya ke dalam komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> tersebut ditambahkan MWNT dengan berat persen 1% lalu ditumbuk dengan teknik *ball milling*

selama 30 menit, 4,5 jam, 25 jam dan 50 jam, sehingga diperoleh empat cuplikan dengan variasi waktu *milling*.

Kemudian terhadap keempat cuplikan dilakukan pengukuran sifat magnetik dan *magnetoresistance* berturut-turut dengan metode VSM dan *four point probe*, dengan rentang medan magnet luar sekitar 1 Tesla pada suhu ruang. Struktur kristal dikarakterisasi dengan teknik difraksi sinar-X, sedangkan sifat listrik diidentifikasi dengan LCR meter. Pengukuran parameter magnetik, *magnetoresistance* dan sifat listrik dilakukan di BKAN, PTBIN – BATAN.

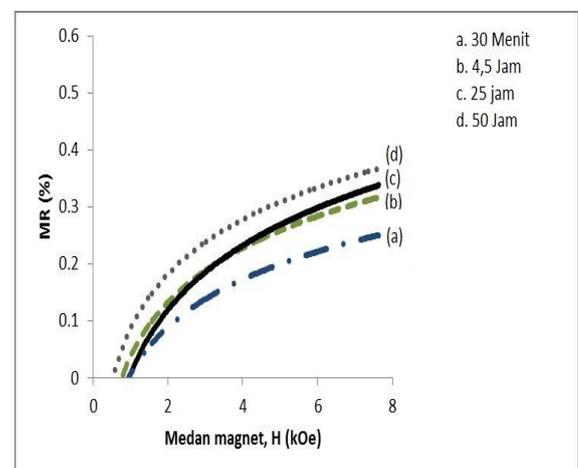
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola difraksi untuk sinar X bahan komposit  $\text{Fe}_{0,8}\text{C}_{0,2}$  diperlihatkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa intensitas puncak tertinggi pada sampel setelah *milling* 30 menit adalah C(002) yang berada pada sudut disekitar 2 theta =  $25,14^\circ$  dan intensitas puncak ini menurun seiring dengan bertambahnya waktu *milling*. Pada variasi *milling* untuk waktu *milling* 30 menit, 4,5 jam, dan 50 jam, kecuali waktu *milling* 25 jam terjadi penurunan intensitas pada puncak C(002). Hal ini diduga terjadi pengecilan ukuran partikel dan kristalinitnya. Khusus untuk waktu *milling* 25 jam, hasil ini sesuai dengan penelitian terdahulu oleh Y. Chen<sup>[5]</sup>. Dimana disini terjadi transisi fasa dari hexagonal menjadi turbostratic rhombohedral. Berdasarkan hasil pengukuran XRD tersebut, perlu dilakukan analisis dan identifikasi fasa untuk masing-masing kondisi. Namun secara teori dapat dikatakan bahwa semakin besar ukuran butir akan menyebabkan semakin kecil resistansinya, atau dengan arti lain keteraturan struktur sangat penting untuk memastikan baik atau tidaknya konduktivitas. Di lain pihak, hasil XRD juga memperlihatkan bahwa intensitas puncak Fe(101) dan sudut fasanya tidak mengalami pergeseran, yaitu 2 theta =  $44,52^\circ$ .



**Gambar 1.** Pola difraksi komposit  $\text{Fe}_{0,8}\text{C}_{0,2}$  dengan penambahan MWNT

Unsur-unsur seperti karbon dalam konsentrasi yang sangat rendah pada cuplikan ini cenderung untuk mencari lokasi interstisial dalam kisi kristal, dengan demikian kisi-kisi dapat sangat tegang. Konsentrasi karbon sangat kecil dapat mengganggu pergerakan domain magnetik dengan mudah, sehingga berpengaruh pada sifat magnetik. Pada Gambar 2 memperlihatkan kurva *magnetoresistance* (MR). Dari gambar ini diketahui bahwa sifat MR semakin besar seiring dengan penambahan waktu *milling*. Nilai MR meningkat pula seiring dengan meningkatnya medan magnet.



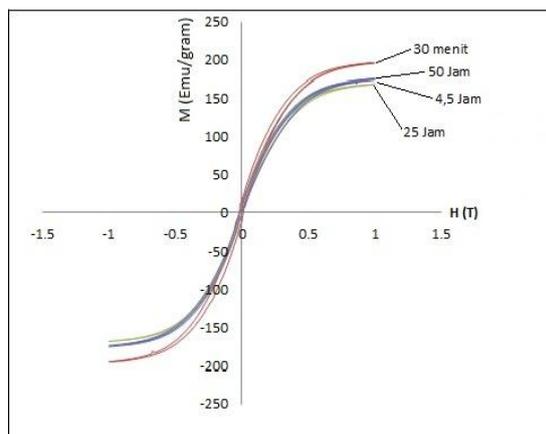
**Gambar 2.** Kurva *magnetoresistance* komposit  $\text{Fe}_{0,8}\text{C}_{0,2}$  dengan variasi waktu *milling*

*Magneto-resistance* (MR) didasarkan pada pengaruh dari spin terhadap sifat konduksi dan sifat penerobosan (*tunneling*) elektron-elektron dalam logam *ferromagnetik*<sup>[6]</sup>. Pada Gambar 3 diperlihatkan kurva magnetisasi M-H dari komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub>, dimana ditunjukkan bahwa besaran magnetisasi jenuh Ms pada medan luar H=1 tesla mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu *milling*, terutama pada cuplikan hasil *milling* 25 jam. Penurunan besaran magnetisasi Mr akibat lama waktu *milling* menunjukkan kuat interaksi antara partikel Fe, dan semakin lama waktu *milling* membuat makin sempurnanya partikel Fe diselimuti oleh karbon (C). Secara umum dari bentuk kurva cuplikan dapat dikategorikan sebagai bahan *soft magnetic*. Terlebih lagi pada cuplikan 25 jam yang juga diketahui memiliki porositas tertinggi sehingga kemungkinan partikel Fe yang masuk dalam sistem kisi atom karbon, sehingga mengakibatkan nilai Ms menjadi paling rendah. Nilai magnetisasi saturasi (Ms), medan koersivitas (Hc) dan magnetisasi remanen (Mr) untuk masing-masing cuplikan dapat dilihat pada Tabel 1.

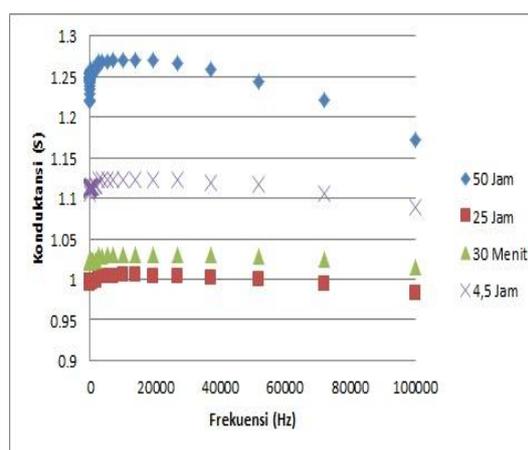
**Tabel 1.** Parameter magnetik dengan penambahan waktu *milling*

Waktu <i>milling</i>	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)	Hc (Tesla)
0,5 jam	196	6,15	9,5x10 <sup>-3</sup>
4,5 jam	174	6,98	8,25E x10 <sup>-3</sup>
25 jam	169	5,48	9,55E x10 <sup>-3</sup>
50 jam	176	4,18	1,37E x10 <sup>-2</sup>

Perbedaan ini cukup menarik mengingat ada sejumlah faktor yang menentukan secara simultan. Dalam penelitian ini sifat magnetik belum dibahas secara tuntas dan masih memerlukan kajian yang lebih mendalam. Namun demikian, jelas bahwa kekuatan magnetik partikel dipengaruhi oleh ukurannya.



**Gambar 3.** Kurva magnetisasi cuplikan komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> dengan variasi waktu *milling*



**Gambar 4.** Kurva konduktansi cuplikan komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> dengan variasi waktu *milling*

Pada Gambar 4 ditunjukkan nilai konduktansi, dimana nilai tersebut naik seiring dengan pertambahan waktu *milling*, kecuali untuk waktu *milling* 25 jam. Hal ini dapat dijelaskan dari pola grafik porositas terhadap waktu *milling* dari bahan karbon produk *milling* yang diukur dengan teknik BET yang mencapai nilai maksimum untuk cuplikan 25 jam<sup>[7]</sup>. Pada komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> hasil *milling* selama 30 menit, nilai konduktansi lebih rendah dari 4,5 jam, karena hasil *milling* masih belum merata. Konduktansi (G) pada komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> hasil *milling* selama 25 jam menunjukkan kemampuan cuplikan mengalirkan muatan listrik yang rendah, hal ini terjadi karena memiliki nilai porositas dari paling tinggi<sup>[5]</sup>. Konduktansi (G) pada komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub> hasil *milling*

selama 50 jam menunjukkan kemampuan cuplikan untuk mengalirkan muatan listrik, ditandai dengan besarnya nilai konduktansi, dimana hal ini menunjukkan bahwa bahan tersebut mampu mengkonduksikan arus dengan baik. Arus listrik yang melewati sebuah bahan selalu berhubungan dengan medan magnet di sekitarnya. Kuatnya medan magnet yang dihasilkan sebanding dengan banyaknya arus pada bahan FeC tersebut.

## KESIMPULAN

Penambahan 1% berat MWNT dengan kemurnian 95% dan proses milling sampai 50jam tidak berpengaruh pada struktur kristal komposit Fe<sub>0,8</sub>-C<sub>0,2</sub>. Namun demikian sifat konduktansi dan magnetoresistance bahan meningkat dengan bertambahnya waktu milling optimal 50 jam, yang dapat diduga berkaitan dengan ukuran butiran dari Fe dan C. Sedangkan besaran magnetisasi Mr, menurun dengan lama waktu milling dan paling kecil untuk cuplikan pasca milling 25 jam yang dapat dikaitkan dengan tingkat ter-coatingnya partikel Fe oleh bahan karbon dan porositas bahan karbon. Namun demikian studi lanjut dengan pengamatan menggunakan teknik TEM layak untuk dilakukan untuk memastikan ukuran dan pola pada komposit Fe-C yang ditambahkan sedikit MWNT.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Bapak Iman Kuntoro selaku Kepala Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) – BATAN yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan kepada kami dalam melaksanakan penelitian ini, Bapak Salim Mustofa yang telah memberikan masukan dalam melaksanakan penelitian dan penyelesaian makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang, X. *et al.* 2009. „Fabrication of Ultralong and Electrically Uniform Single-Walled Karbon Nanotubes on Clean Substrates”. *Nano Letters* 9 (9), page : 3137–3141.
- [2] Wisnu Ari Adi, Setyo Purwanto, Salim Mustofa dan Engkir Sukirman. 2009. *Indonesian Journal of Material Science*, 10 (3), page : 292-296.
- [3] R. Martel, T. Schmidt, H. R. Shea, T. Hertel, and Ph. Avourisa. 1998. „Single-and multi-wall karbon nanotube field-effect transistors”. *Applied Physical Review Letters* 73 (5), page : 631–634.
- [4] Cumings, John; Zettl, A. 2000. „Low-Friction Nanoscale Linear Bearing Realized from Multiwall Karbon Nanotubes”. *Science* 289 (5479), page : 602–604.
- [5] Ying Chen, JF Gerald, Lewis T Chadderton, Laurent Chaffron. 1999. „Nanoporous karbon Produce by ball milling”. *Applied Physical Review Letters* 74 (19), page : 2782–2784.
- [6] Liu, Q. *et al.*, Qingfeng; Ren, Wencai; Chen, Zhi-Gang; Yin, Lichang; Li, Feng; Cong, Hongtao; Cheng, Hui-Ming. 2009. „Semiconducting properties of cup-stacked karbon nanotubes”. *Karbon* 47 (3), page : 731–736.
- [7] Salim Mustofa. 2009. Laporan Triwulan, Kelompok Sensor Nano Komposit.

## RIWAYAT PENULIS

**Mashadi**, lahir di Pati, 23 Maret 1971, setelah menamatkan Strata-1 (S-1) Elektro di Universitas Indonesia kemudian mengikuti dan menyelesaikan Strata-2 (S-2) Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia. Saat ini bekerja sebagai Peneliti di Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir BATAN, Puspiptek Serpong BANTEN.

