

# KARAKTERISASI SIFAT LISTRIK DAN MORFOLOGI PERMUKAAN BAHAN KOMPOSIT MWCNT-Fe

## ( CHARACTERIZATION OF ELECTRICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF MATERIALS SURFACE OF THE MWCNT-Fe COMPOSITE )

P.Purwanto, Yunasfi, S. Purnama, dan Mashadi

Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju -BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang

E-mail : ppurwanto88@gmail.com

received : 28 Juli 2015; revised : 4 Agustus 2015; accepted : 11 Agustus 2015

### ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan komposit MWCNT-Fe (*Multi Walled Carbon Nanotube*)-Fe dengan metode reaksi padatan. Bahan MWCNT-Fe ditekan dengan tekanan 5 ton dengan diameter sampel 1 cm menggunakan alat *Enervac*, selanjutnya komposit dipanaskan pada suhu 30 °C sampai dengan 250 °C. Hasil analisis morfologi permukaan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan bahwa butiran komposit MWCNT-Fe belum terbentuk. Berdasarkan analisis terhadap komposit MWCNT-Fe ditemukan adanya unsur karbon (CNT/ *Carbon Nanotubes*) dan besi pada permukaan dan pengotor yang lain, komposit MWCNT-Fe memiliki morfologi permukaan tidak jelas terlihat pada komposit CNT-1 sampai CNT-5. Pengukuran sifat listrik pada komposit MWCNT-Fe yang dilakukan meliputi perubahan konduktivitas terhadap perubahan frekuensi dan sebagai fungsi suhu. Hasil pengukuran menunjukkan konduktivitas komposit CNT-1 dan CNT-3 naik seiring dengan naiknya suhu pemanasan, sedangkan konduktivitas CNT-5 turun.

Kata kunci : Komposit MWCNT-Fe, Morfologi, Konduktivitas

### ABSTRACT

MWCNT (*Multi Walled Carbon Nanotube*)-Fe Have been fabricated by solid state reaction method. Materials MWCNT - Fe were pressed by pressure of 5 tons loads on a 1 cm sample diameter using apparatus of *Enervac*, then it was heated from 30 °C to 250 °C. The results of surface analysis by SEM (*Scanning Electron Microscope*) showed that the grains of composite MWCNT - Fe was not formed. Based on MWCNT - Fe composite analysis on composites revealed the presence of elemental carbon (CNT) and iron on the surface and other impurities, MWCNT-Fe composite has a granular morphology that is not visible at the CNT-1 to CNT-5 composite. The electrical properties measurement of the conducted MWCNT-Fe composite consisted of changes of conductivity against frequency changes and function of temperature. The measurement results showed that CNT-1 and CNT-3 composite increased as the increasing of temperature, if only at CNT-5 decreased.

Keywords : MWCNT-Fe Composite, Morphology, Conductivity

### PENDAHULUAN

Bahan grafit berstruktur nano dan *carbon nanotube* adalah bahan yang diharapkan dapat menjadi terobosan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai media penyimpan energi listrik, bahan pelapis (*coating*) untuk melindungi korosi pada kelongsong, penyimpan energi alternatif, biosensor, bahan struktur komposit dan *delivery drug* (De Volder *et al.*2013). Sifat transportasi elektron pada karbon ukuran nano

(CNT) dan komposisinya menjadi menarik karena berkaitan dengan ketidaksempurnaan struktur kristal dan struktur elektroniknya. Cacat pada bahan berbasis karbon akan mempengaruhi sifat elektroniknya (Li *et al.*2007; Padma and Yashonat 2006).

Perkembangan komposit MWCNT-Fe (*Multi Walled Carbon Nanotube*-Fe) telah dipakai secara luas. Komposit MWCNT-Fe

secara spesifik diterapkan dalam biomedik, dimana *MWCNT-Fe* dipakai dalam *hyperthermia* sebagai *nano-heater at cellular* (Jedrzejewska et al.2011). Pengembangan komposit *MWCNT-Fe* terus dikembangkan diberbagai bidang, salah satunya adalah dengan memanfaatkan bahan lapisan tipis dengan berbasis *MWCNT*. Contoh pemanfaatan lapisan tipis berbasis *MWCNT* adalah untuk penerapan bidang biomedik (Hu et al.2009; Borowiak et al.2008). Sintesis dan karakteristik *MWCNT-Fe* telah dilakukan oleh beberapa peneliti dalam kaitannya untuk aplikasi biomedik, salah satunya dipakai untuk *drug delivery and hyperthermia*. (Monch et al.2007; shanov et al.2006; Sinha and Yeow 2005; Andrea et al.2013). Konduktivitas listrik dan *optical transmittance* pada lapisan tipis *CNT* (*Carbon Nanotube*) tergantung pada konsentrasi *CNT* dan keteraturan pada lapisan (Hekmatara et al.2014).

Salah satu tujuan riset ini adalah untuk mengetahui sifat listrik yang akan dihasilkan oleh komposit *MWCNT-Fe* dengan menggunakan alat *LCR-meter* (*Inductance Resistance Component*), yang selanjutnya dapat diketahui potensi pemanfaatan komposit secara optimal untuk sensor biomedik, salah satunya untuk mendekteksi *drug delivery* dengan memanfaatkan sifat konduktivitas. Sifat listrik dan aplikasi bahan *MWCNT* dipakai sebagai *based nanoweb electrode* diselidiki untuk pengembangan sensor kimia dan biosensor (Bandaru 2007; Sup So et al. 2011). Dalam penelitian ini, peneliti hanya dapat melakukan modifikasi bahan komposit yang akan diterapkan dalam piranti sensor berdasarkan sifat listrik dan perubahan morfologi permukaan suatu bahan.

Jika konduktivitas dari komposit signifikan dan cenderung mengalami peningkatan, maka dapat dikatakan telah terbentuk pertumbuhan butiran *MWCNT-Fe* yang teramati sifat listriknya. Semakin baik konduktivitas yang didapatkan menunjukkan bahwa komposit semakin bersifat konduktor, dimana sifat ini dibutuhkan dalam pembuatan suatu sensor biomedik.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Tahapan yang dilakukan pada proses percobaan ini meliputi yaitu persiapan bahan

untuk pembuatan komposit yaitu Fe merek Aldrich dengan kemurnian 99,9 % dan *MWCNT* merek Cheap tube dengan kemurnian diatas 95 %.

### Metode

Kedua bahan dicampurkan dengan perbandingan berat Fe:*MWCNT* sebagai berikut : (a). *CNT-1*= 1:9 (b).*CNT-3* = 3: 7 (c). *CNT-5* = 5:5. Dari mulai tahapan (a) sampai dengan (c) dilakukan pencampuran dengan cara menggerus menggunakan mortal selama 30 menit supaya campuran kedua bahan homogen. Setelah selesai proses menggerus kemudian dipelet dengan ukuran diameter 1 cm dan tekanan 5 ton menggunakan alat *Enervac*. Setelah dipelet dilakukan karakterisasi pada komposit *MWCNT-Fe* dengan menggunakan alat *SEM* (*Scanning Electron Miscroscope*) merek *JEOL-JSM-6510LA* dan *EDAX-6510LV* untuk analisis permukaan dan unsur. *LCR* merek *Hioki-3532-50-LCR-Hitester* digunakan untuk konduktivitas komposit *MWCNT-Fe* atau (*CNT-Fe*).

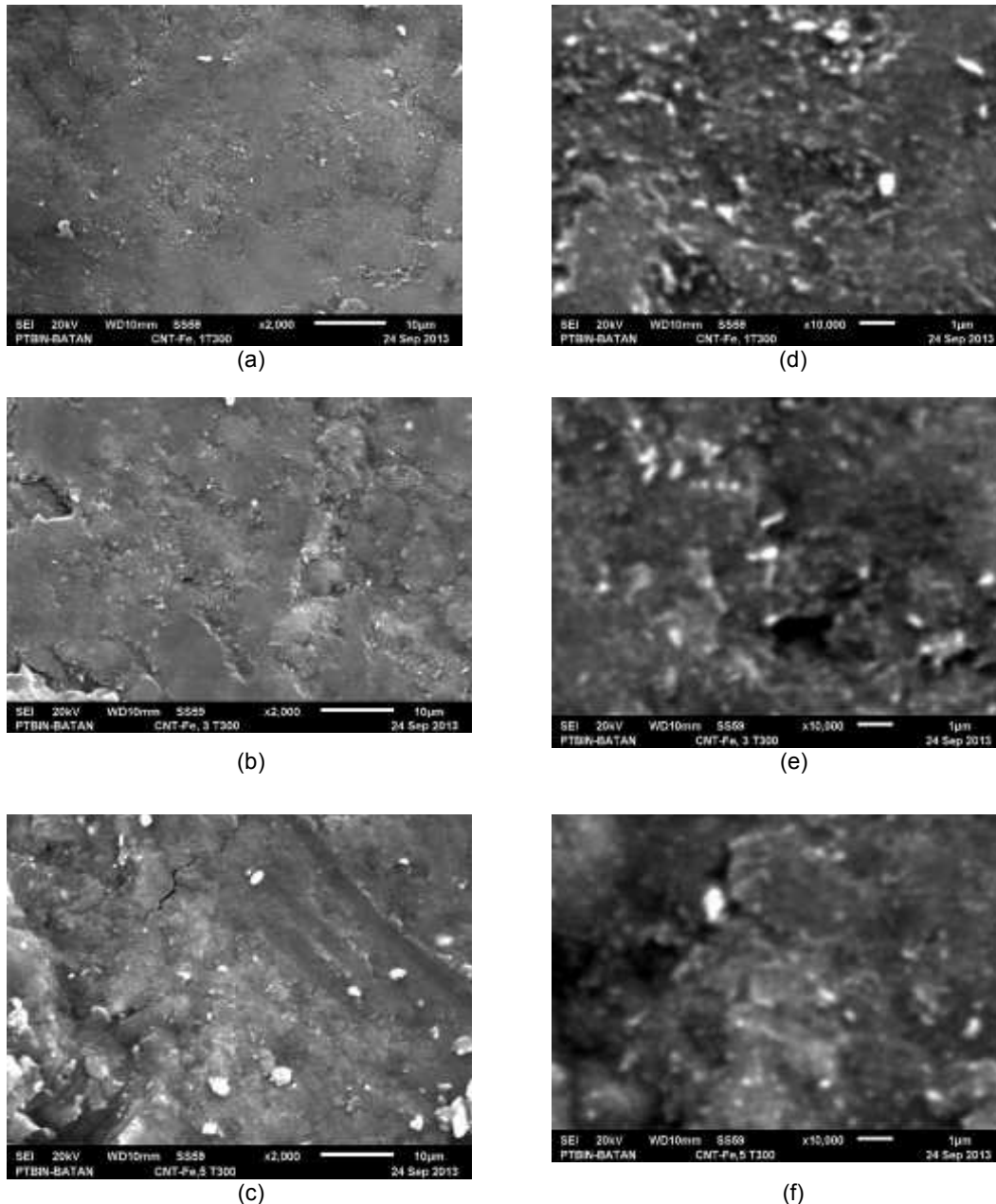
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Permukaan *MWCNT-Fe* Dengan *SEM*

Gambar 1a, Gambar 1b dan Gambar 1c menunjukkan morfologi (profil) permukaan komposit *MWCNT-Fe*, yang diamati menggunakan *SEM* dengan pembesaran sama yaitu 2000 kali. Pada permukaan komposit *MWCNT-Fe* tampak bentuk permukaan tidak jelas terlihat pada komposit *CNT-1* sampai *CNT-5*.

Untuk memperjelas permukaan komposit dilakukan pembesaran 10000 kali yang ditunjukkan pada Gambar 1d, Gambar 1e, dan Gambar 1f.

Permukaan komposit *MWCNT-Fe* dengan pembesaran 10000 kali pada Gambar 1d, Gambar 1e dan Gambar 1f adalah bentuk profil butiran dan batas butir yang belum tampak jelas. Bentuk butiran dan batas butir belum tampak jelas, disebabkan karena penambahan Fe tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan butiran dan tidak berperan dalam menyusun bentuk butiran



Gambar 1. Profil permukaan komposit (a) CNT-pembesaran 2000 kali, (b) CNT-3 pembesaran 2000 kali, (c) CNT-5 pembesaran 2000 kali, (d) CNT-1 pembesaran 10000 kali, (e) CNT-3 pembesaran 10000 kali, (f) CNT-5 pembesaran 10000 kali.

Gambar 2a, Gambar 2b, dan Gambar 2c memperlihatkan spektrum EDS pada komposit Fe-CNT. Selanjutnya dilakukan karakterisasi unsur yang ada pada permukaan komposit MWCNT-Fe dilakukan dengan EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) pada komposit MWCNT-Fe.

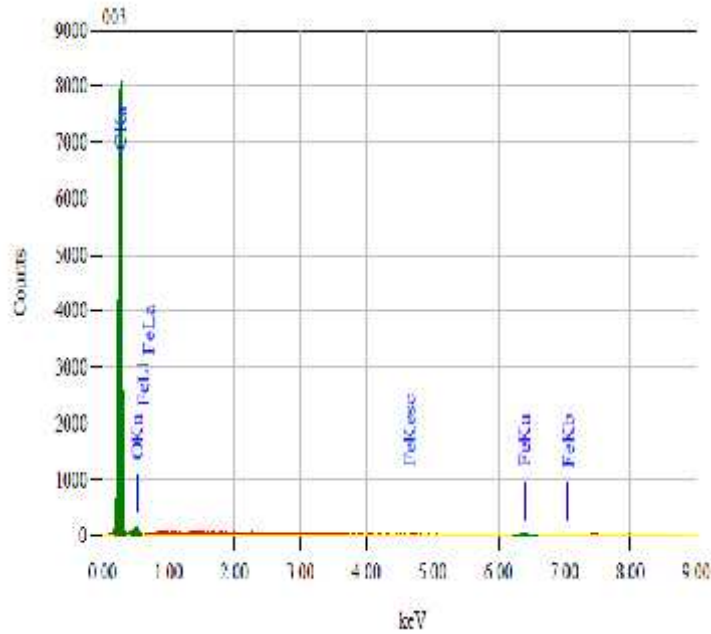
Pada Gambar 2a, Gambar 2b dan Gambar 2c memperlihatkan spektrum EDS pada komposit Fe-CNT. Gambar 2a, Gambar 2b dan Gambar 2c dilakukan analisis puncak spektrum

dengan EDS, dan memperoleh hasil sebagai berikut : C = 93,32 % berat, O = 6,49 % berat, Fe = 0,29 % berat untuk CNT-1. Analisis EDS untuk CNT-3 adalah C = 93,45 % berat, O = 4,87 % berat, Fe = 0,69 % berat dan Ni = 0,99 % berat. Hasil analisis EDS untuk CNT-5 adalah C = 92,69 % berat, O = 5,63 % berat, Fe = 0,82 % berat dan Ni = 0,86 % berat.

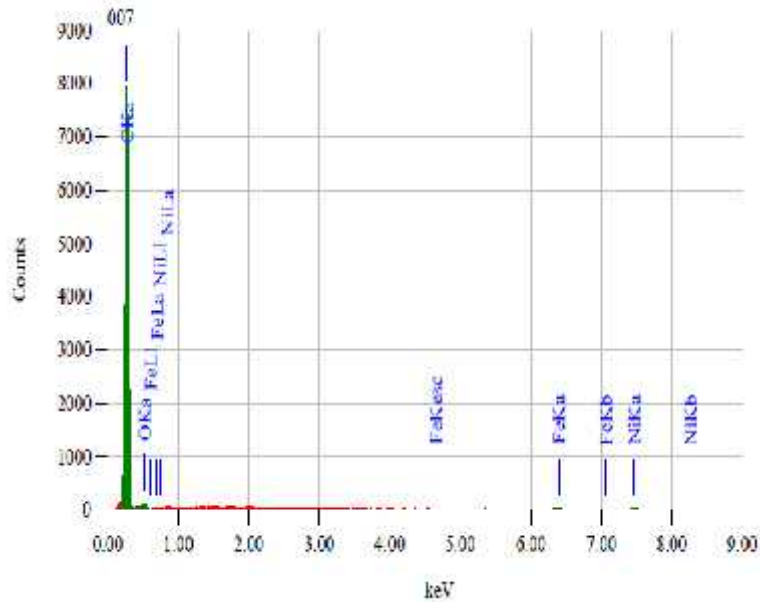
Dalam melakukan analisis dengan EDS, dilakukan pada luas permukaan. Sedangkan analisis EDS pada titik butiran tidak dilakukan.

Sehingga distribusi unsur dari masing-masing butiran tak terdeteksi. Biasanya untuk mengetahui distribusi unsur dilakukan *mapping*. Dari foto *mapping* ini dapat dengan diketahui

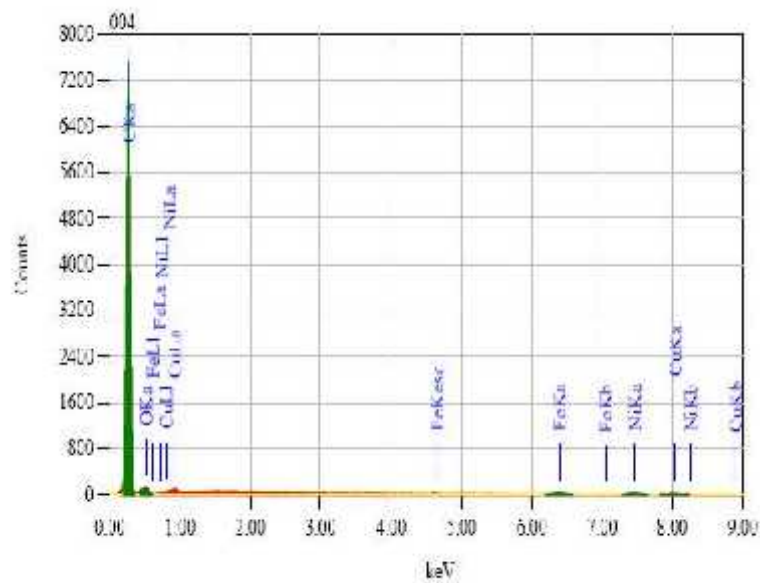
distribusi dari masing-masing unsur. Dalam hal ini, kami tidak melakukan *mapping* karena keterbatasan alat yang digunakan.



(a)



(b)



(c)

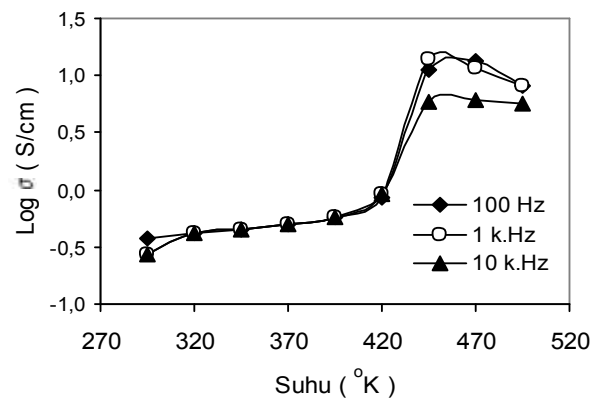
Gambar 2. Spektrum EDS (a) CNT-1, (b) CNT-3, (c) CNT-5

### Sifat listrik MWCNT-Fe

Gambar 3a, menunjukkan kurva konduktivitas komposit MWCNT-Fe(CNT-1) sebagai fungsi suhu. Dari Gambar di bawah ini tampak konduktivitas komposit CNT-1 naik seiring dengan naiknya suhu. Konduktivitas naik mendadak pada suhu sekitar 420 °K, hal ini terjadi lompatan atau *jumping* elektron ketinggian bebas bergerak.

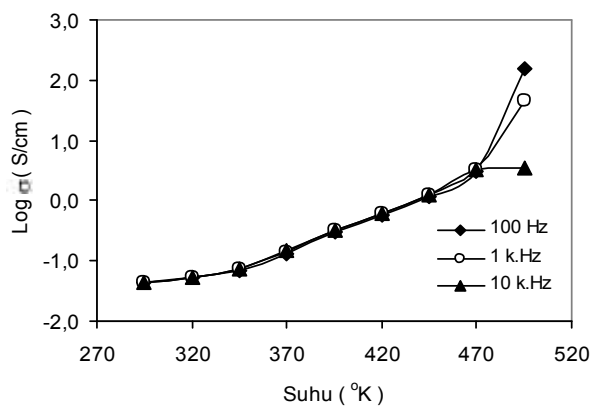
Gambar 3b, kurva konduktivitas komposit MWCNT-Fe(CNT-3) sebagai fungsi suhu. Dari Gambar tersebut kurva konduktivitas naik seiring dengan naiknya suhu perlakuan panas dan tak terpengaruh dengan frekuensi yang berbeda.

Pada Gambar 3a dan 3b diketahui bahwa nilai konduktivitas naik seiring dengan naiknya suhu pemanasan. Sedangkan pada konsentrasi CNT-5 turun terhadap naiknya suhu pemanasan. Secara teori unsur Fe adalah unsur yang menghantarkan listrik (berfungsi sebagai konduktor), sedangkan elemen MWCNT adalah bersifat isolator. Dari hasil pengamatan sifat listrik, yakni dari aspek nilai konduktansi, diperoleh hasil bahwa nilai menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi Fe. Hal ini menunjukkan bahwa elemen MWCNT lebih dominan dibandingkan Fe.



(a)

Gambar 3a. Kurva nilai konduktivitas CNT-1



(b)

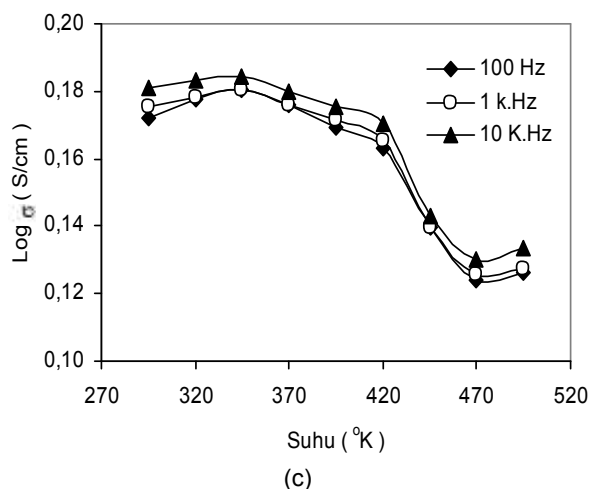
Gambar 3b. Kurva nilai konduktivitas CNT-3

Pada Gambar 3c, kurva konduktivitas komposit *MWCNT-Fe (CNT-5)* sebagai fungsi suhu. Tampak pada Gambar tersebut kurva konduktivitas turun seiring dengan naiknya perlakuan panas dan tak terpengaruh terhadap frekuensi yang berbeda. Turunnya konduktivitas *CNT-5* tidak signifikan pada interval suhu 270 °K sampai dengan 420 °K, sedangkan pada lebih 420 °K turun secara dratis. Turunnya konduktivitas dikarenakan terjadinya interaksi antara Fe dengan oksigen pada kenaikan suhu terbentuk oksida dari Fe, sehingga gerakan elektron terganggu.

Apabila nilai konduktivitas komposit *MWCNT-Fe* mengalami peningkatan, maka dari aspek ini dapat dikatakan bahwa hasil pembuatan komposit dengan pertumbuhan butiran teratur dengan menaikkan konsentrasi berat Fe. Apabila nilai konduktivitas dari komposit tersebut adalah signifikan dan cenderung mengalami peningkatan, maka dapat dikatakan bahwa telah terbentuk pertumbuhan butiran *MWCNT-Fe* yang teramati dari sifat listriknya. Semakin besar nilai konduktivitas yang didapatkan menunjukkan bahwa komposit tersebut semakin bersifat konduktor, dimana sifat ini dibutuhkan dalam pembuatan suatu sensor biomedik.

Kesimpulan dari pengujian listrik ini adalah komposit *MWCNT-Fe* belum cukup optimal untuk digunakan sebagai bahan sensor, karena nilai konduktivitas masih rendah, dan penambahan Fe tidak berdampak signifikan dalam peningkatan sifat listrik.

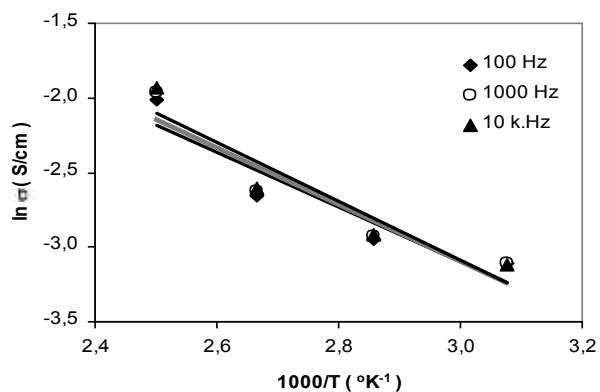
Penelitian yang pernah dilakukan untuk mempelajari sifat listrik dari bahan karbon sebagai matriknya dengan ditambahkan unsur lain diantaranya ( Purwanto dan Yusnafi 2012; Yunasfi, *et al.* 2013)



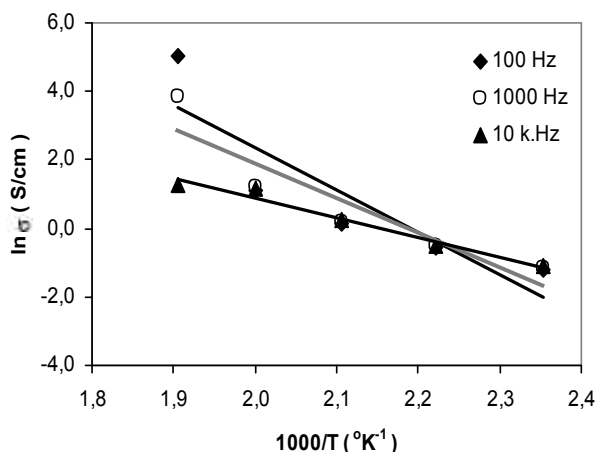
Gambar 3c. Kurva nilai konduktivitas *CNT-5*

Dalam perhitungan energi aktivasi, konduktivitas dalam log dikonversi menjadi ln untuk menghitung energi aktivasi. kurva antara ln  $\sigma$  terhadap  $1000/T$  untuk mendapatkan nilai energi aktivasi komposit *MWCNT-Fe*. Dalam perhitungan energi aktivasi dibagi menjadi interval suhu yaitu daerah 1 antara 300 °K sampai 400 °K dan daerah 2 antara 400 °K sampai 500 °K. Untuk daerah 1 ditunjukkan seperti Gambar 4a berikut.

Energi aktivasi komposit *MWCNT-Fe* pada interval suhu daerah 2 antara 300 °K sampai 400 °K ditunjukkan seperti Gambar 4b.



Gambar 4a. Kurva  $\text{ln } \sigma$  terhadap  $1000/T$  untuk menghitung nilai energi aktivasi pada interval suhu 300°K sampai dengan 400 °K pada *CNT-5*



Gambar 4b. Kurva  $\text{ln } \sigma$  terhadap  $1000/T$  untuk menghitung nilai energi aktivasi pada interval suhu 400°K sampai dengan 520 °K pada *CNT-5*

Dari kemiringan kurva antara  $\ln \sigma$  terhadap  $1000/T$  diperoleh energi aktivasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Energi aktivasi pada *CNT-1* berada antara  $3,40 \times 10^{-5}$  eV sampai  $55,40 \times 10^{-5}$  eV, energi aktivasi *CNT-3* berada antara  $15,70 \times 10^{-5}$  eV sampai dengan  $106,10 \times 10^{-5}$  eV dan energi aktivasi *CNT-5* berada antara  $0,01 \times 10^{-5}$  eV sampai dengan  $2,01 \times 10^{-5}$  eV. Energi aktivasi pada *CNT-1* dan *CNT-3* pada daerah I ( 300 °K sampai dengan 400 °K ) dan daerah II( 400 °K sampai dengan 520 °K ) mengalami perubahan yang signifikan, sedangkan energi aktivasi pada *CNT-5* pada daerah I dan daerah II rendah dibandingkan dengan energi aktivasi *CNT-1* dan *CNT-3*. Energi aktivasi yang rendah menunjukkan gerakan elektron lebih mudah bergerak dibandingkan yang memiliki energi aktivasi tinggi.

Tabel 2. Energi Aktivasi *CNT-Fe*

Sampel	Frekuensi	$E_{a1}(eV)$	$E_{a2}(eV)$
<i>CNT-1</i>	100 Hz	$3,40 \times 10^{-5}$	$54,40 \times 10^{-5}$
	1 k.Hz	$7,06 \times 10^{-5}$	$55,40 \times 10^{-5}$
	10 k.Hz	$7,02 \times 10^{-5}$	$44,30 \times 10^{-5}$
<i>CNT-3</i>	100 Hz	$15,70 \times 10^{-5}$	$106,10 \times 10^{-5}$
	1 k.Hz	$16,50 \times 10^{-5}$	$87,90 \times 10^{-5}$
	10 k.Hz	$16,90 \times 10^{-5}$	$49,80 \times 10^{-5}$
<i>CNT-5</i>	100 Hz	$0,14 \times 10^{-5}$	$1,95 \times 10^{-5}$
	1 k.Hz	$0,04 \times 10^{-5}$	$2,01 \times 10^{-5}$
	10 k.Hz	$0,01 \times 10^{-5}$	$2,01 \times 10^{-5}$

## KESIMPULAN

Hasil analisis morfologi permukaan dengan *SEM* menunjukkan bahwa *MWCNT-Fe* belum berbentuk butiran. Dari analisis *EDS* pada komposit *MWCNT-Fe* ditemukan adanya unsur karbon (*CNT*) dan besi ( Fe ) serta pengotor yaitu O dan Ni pada permukaan komposit *MWCNT-Fe*. Pengukuran sifat listrik pada komposit *MWCNT-Fe* dilakukan meliputi perubahan konduktivitas terhadap perubahan frekuensi dan sebagai fungsi suhu. Konduktivitas komposit *CNT-1* dan *CNT-3* naik seiring dengan naiknya suhu perlakuan

pemanasan. Sedangkan pada *CNT-5* konduktivitasnya turun terhadap perlakuan pemanasan. Energi aktivasi pada *CNT-1* dan *CNT-3* pada daerah I ( 300 °K sampai dengan 400 °K ) dan daerah II( 400 °K sampai dengan 520 °K ) mengalami perubahan yang signifikan, sedangkan energi aktivasi pada *CNT-5* pada daerah I dan daerah II rendah dibandingkan dengan energi aktivasi *CNT-1* dan *CNT-3*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf di BSBM-PSTBM BATAN dan kerja sama proyek DIPA 2014” Penelitian dan Pengembangan Bahan GMR untuk Biosensor” dengan PU: Dr Setyo Purwanto.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrea, M. and C. Andrea. 2013. Preparation of magnetic carbon nanotubes for biomedical and biotechnological Application. *International journal of molecular science* 14(12): 24619-24642.
- Bandaru, P.R. 2007. Electrical properties and application of carbon nanotube structure. *Journal of nanoscience and nanotechnology* 7:1-29.
- Borowiak – Palen, E. 2008. Iron filled carbon nanotubes for bio-application. *Materials science poland* 26(2):413:418.
- De Volder, M.F.L., S.H. Tawfick, R.H. Baughman, and A.J. Hart. 2013. Carbon nanotube : present and future commercial application. *Science* 339: 535-539.
- Hekmatara, H., M. Seifi, and S.M. Rozati. 2014. Preparation and characterization of aligned iron oxide carbon nanotube thin film. *Acta physica polonica Serie A* 125: 77-81.
- Hu, C and S. Hu. 2009. Carbon nanotube-based electrochemical sensor: principles and application. *Journal Sensor 2: ID 187615-40*.
- Jedrzejewska, A., S. Costa, K. Cendrowski, R.J. Kalenczuke and E.Mijowska. 2011. synthesis and characterization of-filled multi walled nanotubes. *Materials science poland* 29: 299-304.
- Kumar, P.P and S. Yashonath. 2006. Ionic conduction in the solid state. *Journal of chemistry of science* 118: 135-154.
- Li, Q., Y. Li, X. Zhang, B. Satiskhumar, Chikkannanavar, Y.Zhao, A. M.

- Dangelewicz, L. Zheng, S.K. Doorn, Q. Jia, D.E. Peterson, P. N. Arendt, and Y. Zhu. 2007. Structure dependent electrical of carbon nanotube fibers. *Advance Material* 19: 3358-3363.
- Monch, I., A. Leonhardt, A. Meye, S. Hampel, R. K. Koseva, D. Elefant, M.P. Wirth, and B.Buchner. 2007. Synthesis and characteristic of fe filled MWCNT for biomedical application. *Journal of physics conference* 61: 820-824.
- P. Purwanto dan Yunasfi. 2013. Pengaruh implantasi ion argon terhadap sifat listrik lapisan tipis C<sub>2</sub>/Cr/Si". Dalam : *Prosiding seminar nasional fisika-LIPI* : 341-350.
- Shanov, V., Y. Heung Yun, and M.J. Schulz . 2006. Synthesis and characterization of carbon nanotube material. *Journal of the university of chemical technology and metalurgy* 41: 377-390.
- Sinha, N. and J.T.Yeow. 2005. Carbon nanotubes for biomedical application. *Transaction on nanoscience* 4: 180-196.
- Sup So, D., H. Huh, H. Ham, K. Bo Shim, H. Woo Kim, and I. Kang. 2011. Electrical impedance properties of a nanoweb electrode embedded carbon nanotube for a bio chemical sensor. *Journal of ceramic processing research* 12: 343-347.
- Yunasfi, P. Purwanto dan Mashadi. 2013. Sintesis dan karakterisasi sifat listrik dan magnetik nanokomposit Fe-C. Dalam : *Prosiding seminar nasional fisika-LIPI* : 402-412.