

STUDI PENGARUH LAJU ALIR GAS ASETILEN DAN JENIS KATALIS PADA PROSES PERTUMBUHAN CARBON NANOTUBE (CNT) DENGAN METODE CATALYTIC CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION (CCVD)

Jafar Sodiq (L2C007053) dan Khoerul Anam (L2C007055)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing : Dr. Tutuk Djoko Kusworo, ST, M.Eng

Abstrak

Carbon Nanotube merupakan salah satu teknologi nano yang banyak digunakan dalam berbagai ilmu pengetahuan seperti di dalam bidang elektronik, bidang kimia dan lain – lain. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan sistem Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD) untuk pembuatan CNT dari gas asetilen dengan menggunakan katalis Co/Al_2O_3 dan katalis Fe/Al_2O_3 dengan berat katalis 0,3 gram, suhu operasi 700 °C, variasi laju alir gas asetilen 0,5; 1; 1,5 liter/menit dimana laju alir gas N_2 adalah 1,5 liter/menit. Dari hasil analisa Scanning Electron Microscopy (SEM), CNT yang dihasilkan adalah berjenis Multi Walled Nanotube (MWNT) dengan diameter yang berbeda-beda, di mana untuk laju alir gas asetilen yang semakin besar dihasilkan CNT dengan diameter yang semakin besar. Sedangkan berat produk carbon nanotube berbanding terbalik dengan laju alir gas asetilen. Semakin besar laju alir gas asetilen semakin kecil berat produk carbon nanotubanya. Untuk katalis Fe/Al_2O_3 memberikan diameter CNT yang lebih besar dibandingkan CNT yang dihasilkan dengan menggunakan katalis Co/Al_2O_3 .

Kata kunci : CNT, katalis, SEM, laju alir gas asetilen

Abstract

Carbon nanotube is one of the nanotechnology that applicated in a variety of science such as electronics, chemistry and etc. In this research staked with system Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD) process to syntheses Carbon nanotubes from acetylene gas using Co/Al_2O_3 and Fe/Al_2O_3 catalysts with catalyst heavy 0,3 gram, operation temperature 700 °C, flow rate of acetylene gas is 0,5 ; 1,0 ; 1,5 l/minute and flowrate of nitrogen gas is 1,5 l/minute. From analysis result by Scanning Electron Microscopy (SEM), CNT was formed MWNT type with difference diameter, where in order to faster flowrate of acetylene gas resultant diameter of CNT larger. Whereas weight of product carbon nanotube result turn inside out collating with flowrate of acetylene gas. The faster flowrate of acetylene gas, product weight syntheses result smaller. For Fe/Al_2O_3 catalyst was given CNT diameter larger compared with CNT syntheses used Co/Al_2O_3 catalysts.

Keywords : CNT, Catalysts, SEM, flowrate of acetylene gas

1. PENDAHULUAN

Perkembangan riset di bidang nanoteknologi sudah hampir mencapai tingkat kematangan. Karbon nanotube merupakan salah satu aplikasi nanoteknologi yang paling terkenal. Dengan daya renggang seratus kali lebih kuat dari baja, konduktivitas termalnya lebih baik dari berlian, dan konduktivitas elektrik sama dengan tembaga tetapi mempunyai kemampuan menghantar arus listrik lebih baik (Holister dkk., 2003). Pada tahun 1985, para peneliti dari University of Sussex, Brighton, Inggris, menemukan struktur karbon murni yang tersusun atas 60 atom karbon (C_{60}) (Yardley, 1997). Penemuan ini cukup menarik mengingat selama ini hanya ada dua bentuk unsur karbon murni yang dikenal yaitu grafit dan intan. Struktur C_{60} tersebut diberi nama *buckminsterfullerene* atau disebut juga *bucky ball*. Penemuan fullerene ini kemudian memicu ditemukannya material baru bernama carbon nanotube (CNT).

Struktur CNT pertama kali ditemukan oleh Ijima dari NEC laboratories di Jepang (Ijima.,1991). Molekul CNT sangat kuat, ulet, fleksibel, tidak mudah patah. CNT adalah material karbon baru yang berbentuk silinder yang mempunyai densitas rendah, daya rentang dan modulus elastic yang tinggi. Ada dua tipe dari karbon nanotube yaitu *single walled carbon nanotubes* (SWNTs) dan *multi walled carbon nanotubes* (MWNTs) (Faizah dkk., 2008).

Meskipun penemuan CNT lebih lambat dibandingkan fullerene, namun aplikasinya lebih cepat direalisasikan. Ini disebabkan karena teknologi pengontrolan posisi CNT pada suatu obyek lebih cepat ditemukan misalnya untuk divais *field-electron emitter* (FE) (Kusumadewi, 2005).,bisa dipakai sebagai material penyerap dan penyimpan gas hidrogen, material yang diperlukan dalam pembuatan *full cell* (Nuryadi, 2006).

Beberapa metode dikembangkan untuk menghasilkan karbon nanotube dengan kualitas yang unggul di antaranya electric arc discharge, laser ablation , dan catalytic chemical vapour deposition (CCVD). Aplikasi CNT dalam Industri memerlukan produksi CNT dalam skala besar sehingga sangat diharapkan CNT dapat diproduksi dengan biaya murah. Pembuatan CNT dengan menggunakan metode arc discharge dan laser ablation menghasilkan kualitas yang baik dan kemurnian yang tinggi namun memerlukan biaya yang besar dalam proses produksinya sehingga tidak efektif untuk diproduksi dalam jumlah besar dalam skala industri. Dari hasil beberapa penelitian, dilaporkan bahwa pembuatan CNT dengan menggunakan metode CCVD dapat menghasilkan nanotube karbon dengan kualitas yang baik dan biaya produksi yang murah karena dapat dilakukan pada suhu yang rendah. Prinsip penumbuhan nanotube karbon dengan metode CCVD adalah dekomposisi termal senyawa hidrokarbon dengan bantuan katalis partikel metal. Logam transisi dengan konfigurasi electron 3d diketahui dapat digunakan sebagai support katalis dengan efisiensi yang tinggi untuk menghasilkan SWNTS dan MWNTs. Peran dari support katalis meliputi dispersi partikel logam (Colomer dkk.,1999). Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem CCVD untuk menghasilkan carbon nanotube dan untuk mengetahui pengaruh laju alir gas asetilen dan jenis katalis dalam pembuatan *carbon nanotube*

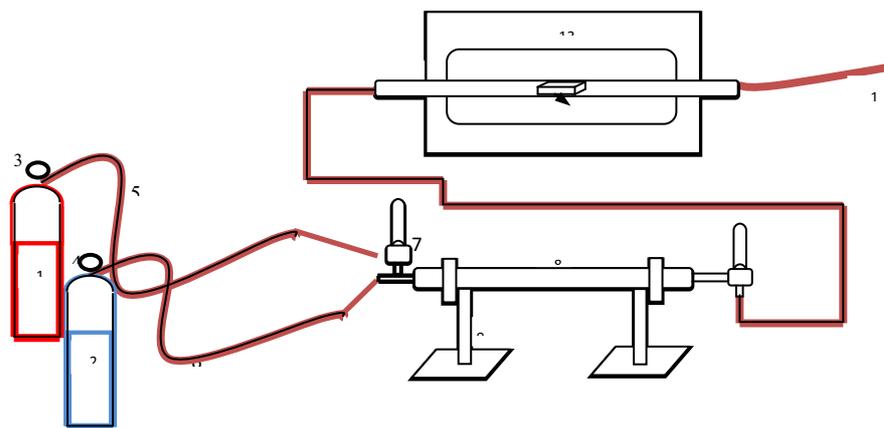
2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian ini menggunakan gas asetilen dan nitogen. Gas asetilen sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan CNT. Laju alir gas asetilen divariasi yaitu 0,5 ; 1,0 ; 1,5 l/menit dan laju alir gas nitrogen yaitu 1,5 l/menit. Sedangkan katalis yang digunakan adalah Co/Al₂O₃ dan Fe/Al₂O₃ sebesar 0,3 gram dengan komposisi 3%

Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan sistem *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD). Rangkaian sistem CCVD terdiri dari furnace dengan dimensi, panjang 45 cm dan diameter dalam 4 cm. Didalamnya diletakkan tabung stainless steel yang berukuran diameter 3,5 cm dan panjang 75 cm dimana dalam tabung ini diletakkan cawan kecil dengan dimensi panjang 7 cm, tinggi dan lebar cawan 1 cm. Selain furnace juga digunakan mixing gas yang berfungsi untuk mencampur gas asetilen dan gas nitrogen yang dilengkapi dengan flowmeter untuk mengatur laju alir gas. Untuk mengalirkan gas asetilen dan nitrogen ke tabung stainless steel digunakan selang NCR. Setelah 20 menit operasi dengan temperatur 700°C terbentuk CNT yang berada dalam stainless steel. CNT ini dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)



Gambar 1. Skema sistem CCVD yang digunakan untuk sintesis *carbon nanotubes*

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Tabung gas asetilen | 9. Statif dan Klem |
| 2. Tabung gas nitrogen | 10. Flowmeter gas mixing |
| 3. Regulator asetilen | 11. Selang gas mixing |
| 4. Regulator nitrogen | 12. Tabung stainless steel |
| 5. Selang gas asetilen | 13. Furnace |
| 6. Selang gas asetilen | 14. Selang untuk gas buang |
| 7. Flowmeter gas asetilen | 15. Wadah katalis |
| 8. Mixing gas | |

Pembuatan Katalis

Katalis yang digunakan dalam sintesis CNT ini dibuat dengan cara impregnasi. Dimulai dengan mencampurkan Cobalt, aquadest dengan Al_2O_3 dan Fe, aquadest dengan Al_2O_3 sehingga terbentuk larutan Co/Alumina dan larutan Fe/Alumina kemudian diaduk sampai homogen \pm sekitar 4 jam. Larutan yang terbentuk kemudian dikeringkan dengan cara drying pada temperatur 110°C selama \pm semalam, ini bertujuan untuk menguapkan air. Pengeringan dilanjutkan dengan cara kalsinasi pada suhu 500°C selama \pm 4 jam.

Sintesis Carbon Nanotube (CNT)

Proses sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) melibatkan beberapa tahapan proses dari penyiapan bahan dan setting peralatan CCVD hingga dihasilkan produk CNT yang kemudian dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Sintesis dilakukan dengan mengalirkan gas asetilen dan gas nitrogen yang dicampur dalam mixing gas, kemudian dialirkan ke dalam tabung stainless steel, dimana di dalam tabung telah diisi katalis cobalt-alumina ($\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$) atau Ferum-Alumina ($\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$) dengan temperatur 700°C . Proses sintesis dilakukan selama 20 menit untuk masing-masing laju alir gas asetilen dan jenis katalis. Setelah sintesis dilakukan, selanjutnya dilakukan penimbangan terhadap hasil CNT pada masing-masing variasi laju alir gas asetilen dan jenis katalis. CNT yang dihasilkan kemudian dianalisa menggunakan SEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

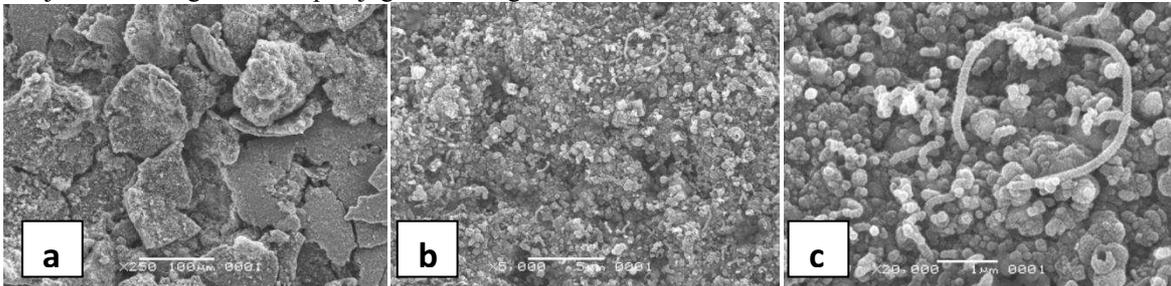
a. Sintesis Carbon Nanotube (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) Berbasis Katalis Cobalt

Sintesis CNT pada penelitian ini menggunakan gas asetilen dimana gas asetilen mempunyai ikatan karbon rangkap tiga sehingga bisa dijadikan sebagai sumber karbon dan gas nitrogen sebagai gas inert yang berguna untuk menghilangkan oksigen dalam stainless steel yang memungkinkan bisa timbulnya reaksi oksidasi (mengakibatkan ledakan). Dalam penelitian ini laju alir gas asetilen yang digunakan adalah 0,5 ; 1,0 ; 1,5 l/ mnt sedangkan laju alir gas nitrogen adalah 1,5 l/mnt. Proses sintesis CNT diawali dengan memanaskan furnace sampai temperature 700°C dimana stainless steel berada didalam furnace yang telah diisi dengan katalis $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ sebesar 0,3 gram. Saat temperatur furnace mencapai 650°C gas nitrogen mulai dialirkan sampai sintesis selesai, ketika temperatur furnace mencapai 700°C gas asetilen dialirkan selama 20 menit. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD berbasis katalis cobalt dapat ditunjukkan pada Tabel 1 dan hasil analisa CNT dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 2- 4.

Tabel 1: Pengaruh laju alir gas asetilen terhadap produk CNT berbasis katalis $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$

No	Laju alir Asetilen	Berat Produk	Tipe CNT	Diameter CNT
1.	0,5 liter/menit	0,57 gram	MWNT	136 nm
2.	1,0 liter/menit	0,52 gram	MWNT	200 nm
3.	1,5 liter/menit	0,26 gram	MWNT	227 nm

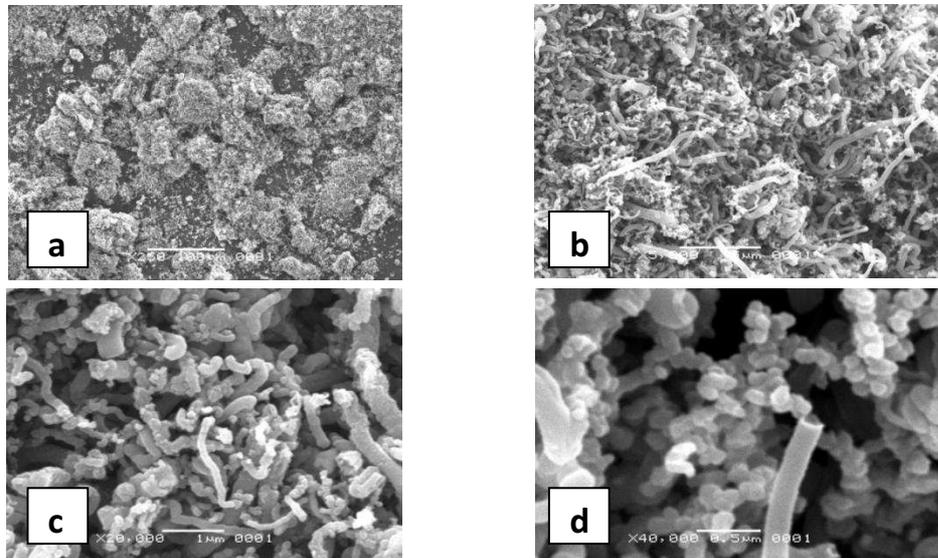
Dari Tabel 1, Semakin besar laju alir gas asetilen maka diameter CNT yang dihasilkan semakin besar pula, hal ini dikarenakan semakin besar laju alir gas asetilen maka konsentrasi asetilen semakin besar. Asetilen berfungsi sebagai sumber karbon pada pembuatan CNT. Karena sumber karbon semakin besar maka karbon yang teradsorpsi dan membentuk ikatan semakin banyak sehingga diameter CNT yang terbentuk semakin besar. Berat yang dihasilkan akan semakin berkurang dengan bertambahnya diameter. Dengan diameter yang besar maka jarak antar molekul juga semakin besar. Hal ini menyebabkan kerapatan menjadi berkurang dan berat pun juga berkurang.



Gambar 2. Foto SEM CNT dengan laju alir gas Asetilen 0,5 l/mnt: a). Perbesaran 250 X ; b). Perbesaran 5000 X ; c). Perbesaran 20000 X

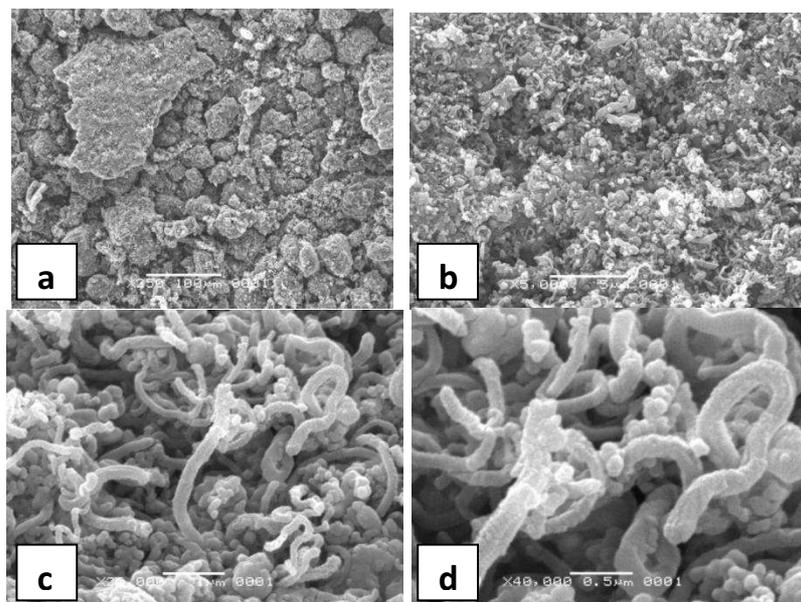
Dari Gambar 2. hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Anggraeni (2006) mengemukakan bahwa *Single-walled Nanotubes* (SWNT) berdiameter lebih kecil dibawah 2 nm. Pengukuran diameter CNT yang terbentuk ditentukan oleh bar skala dalam foto SEM. Bar tersebut menentukan ukuran partikel dari CNT. Pada foto SEM perbesaran 20.000 kali, bar yang tertulis panjangnya 1 μm . Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 2,2 cm maka 2,2 cm pada

gambar bersesuaian dengan panjang 1 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 0,3 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(0,3 \text{ cm}/2,2 \text{ cm}) \times 1 \mu\text{m} = 0,136 \mu\text{m} = 136 \text{ nm}$. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 136 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).



Gambar 3. Foto SEM CNT dengan laju alir gas asetilen 1,0 l/mnt : a). Perbesaran 250 X; b). Perbesaran 5000 X; c). Perbesaran 20000 X; d). Perbesaran 40000 X

Dari Gambar 3. hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk juga bertipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Pengukuran diameter CNT yang terbentuk ditentukan oleh bar skala dalam foto SEM. Bar tersebut menentukan ukuran partikel dari CNT. Pada foto SEM perbesaran 40.000 kali, bar yang tertulis panjangnya 0,5 μm . Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 2 cm maka 2 cm pada gambar bersesuaian dengan panjang 0,5 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 0,8 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(0,8 \text{ cm}/2 \text{ cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 0,2 \mu\text{m} = 200 \text{ nm}$. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 200 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).



Gambar 4. Foto SEM CNT dengan laju alir gas asetilen 1,5 l/mnt : a). Perbesaran 250 X; b). Perbesaran 5000X; c). Perbesaran 20000 X; d). Perbesaran 40000 X.

Dari Gambar 4. hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk juga bertipe Multi-walled Nanotubes (MWNT). Pada foto SEM perbesaran 40.000 kali, bar yang tertulis panjangnya 0,5 μm . Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 2,2 cm maka 2,2 cm pada gambar bersesuaian dengan panjang 0,5 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 1 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(1 \text{ cm}/2,2 \text{ cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 0,227 \mu\text{m} = 227 \text{ nm}$. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 227 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).

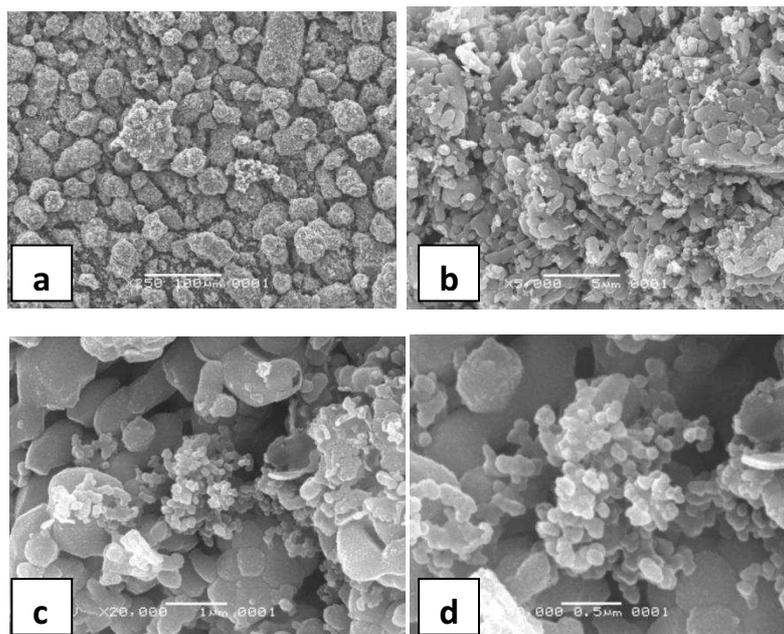
b. Sintesis Carbon Nanotube (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD) Berbasis Katalis Fe

Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari gas asetilen dengan metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) berbasis katalis Fe caranya sama dengan yang berbasis katalis Co hanya katalisnya yang diganti Fe/Al₂O₃. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD berbasis katalis Fe dapat ditunjukkan pada Tabel 2 dan hasil analisa CNT dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 5 - 7.

Tabel 2 : Pengaruh laju alir gas asetilen terhadap produk CNT berbasis katalis Fe/Al₂O₃

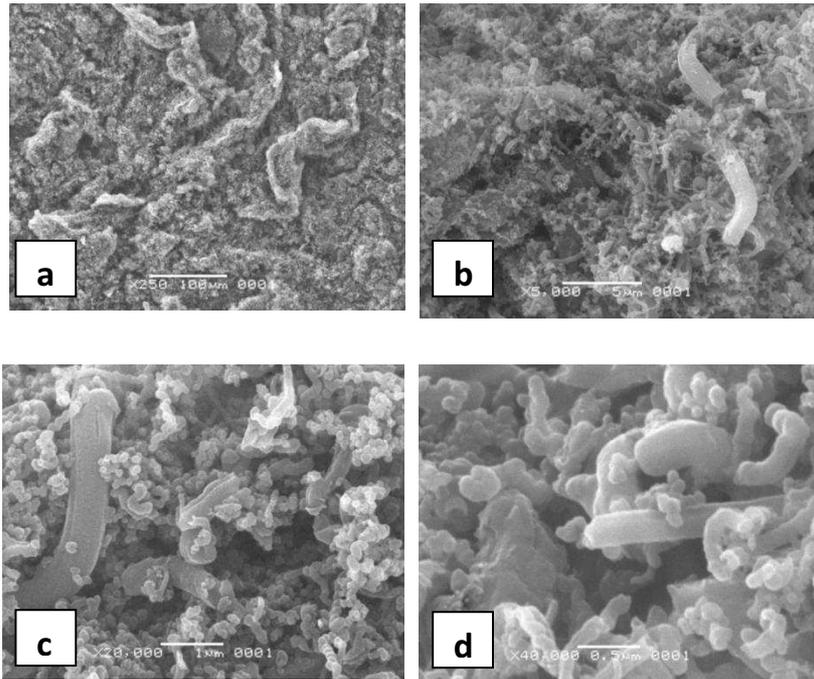
No	Laju alir Asetilen	Berat Produk	Tipe CNT	Diameter CNT
1.	0,5 liter/menit	0,9 gram	MWNT	416 nm
2.	1,0 liter/menit	0,8 gram	MWNT	420 nm
3.	1,5 liter/menit	0,58 gram	MWNT	466 nm

Dari Tabel 2, memperlihatkan fenomena yang sama dengan produksi CNT berbasis katalis Co/ Al₂O₃ yaitu semakin besar laju alir gas asetilen maka diameter CNT yang dihasilkan semakin besar pula dan semakin besar diameter CNT maka berat yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini menegaskan bahwa laju alir memang berpengaruh dalam pembentukan CNT. Logam Co dan Fe adalah golongan logam transisi yang mempunyai karakteristik hampir sama sehingga fenomena yang terjadi juga hampir sama.



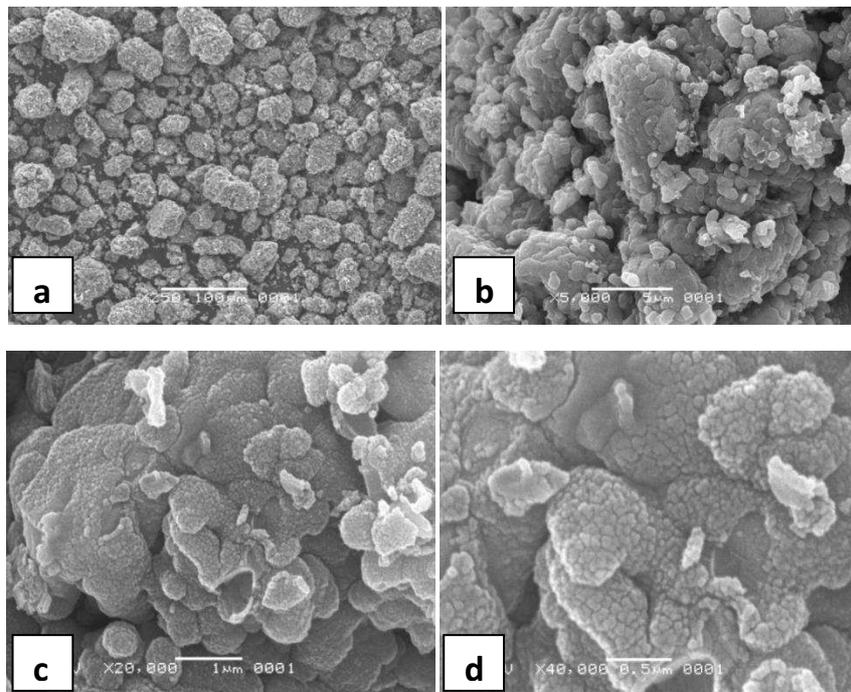
Gambar 5. Foto SEM CNT dengan laju alir gas Asetilen 0,5 l/mnt : a). Perbesaran 250 X; b). Perbesaran 5000 X; c). Perbesaran 20000 X; d). Perbesaran 40000 X.

Dari Gambar 5. hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Pengukuran diameter CNT yang terbentuk ditentukan oleh bar skala dalam foto SEM. Bar tersebut menentukan ukuran partikel dari CNT. Pada foto SEM perbesaran 40.000 kali, bar yang tertulis panjangnya 0,5 μm . Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 3 cm maka 3 cm pada gambar bersesuaian dengan panjang 0,5 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 2,5 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(2,5 \text{ cm}/3 \text{ cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 0,416 \mu\text{m} = 416 \text{ nm}$. Dari hasil pengukuran tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).



Gambar 6. Foto SEM CNT dengan laju alir gas Asetilen 1,0 l/mnt : a). Perbesaran 250 X; b). Perbesaran 5000 X; c). Perbesaran 20000 X; d) Perbesaran 40000 X.

Dari Gambar 6, hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk juga bertipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Pada sampel CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ bar yang tertulis panjangnya 5 μm. Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 4,8 cm maka 4,8 cm pada gambar bersesuaian dengan panjang 5 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 0,4 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(0,4 \text{ cm}/4,8 \text{ cm}) \times 5 \mu\text{m} = 0,42 \mu\text{m} = 420 \text{ nm}$. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 420 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).

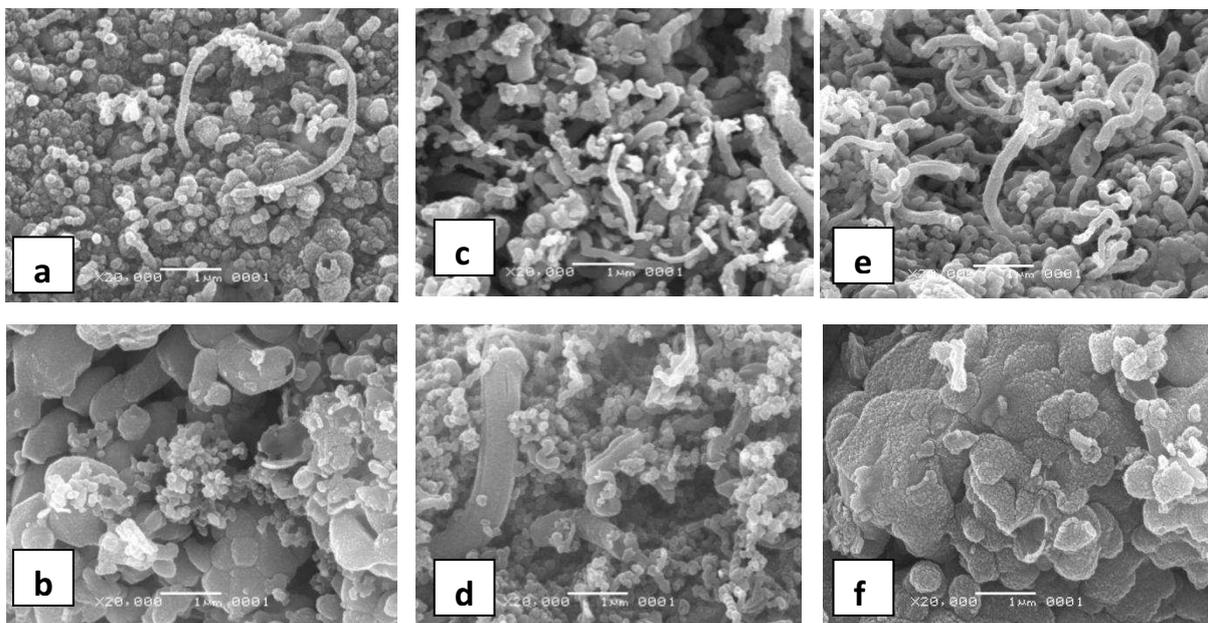


Gambar 7. Foto SEM CNT dengan laju alir gas Asetilen 1,5 l/mnt : a). Perbesaran 250 X; b). Perbesaran 5000 X; c). Perbesaran 20000 X; d) Perbesaran 40000 X.

Dari Gambar 7 hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Pada sampel CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ bar yang tertulis panjangnya 0,5 μm. Jika diukur dengan penggaris panjang bar tersebut adalah 3 cm maka 3 cm pada gambar bersesuaian dengan panjang 0,5 μm ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada gambar diukur dengan menggunakan penggaris adalah 2,8 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah (2,8 cm/3 cm) X 0,5 μm = 0,466 μm = 466 nm. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 466 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).

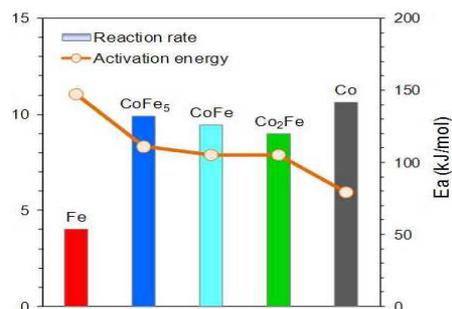
c. Pengaruh Jenis Katalis dalam Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD)

Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari gas asetilen dengan metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) menggunakan dua jenis katalis yang berbeda yaitu Co/Al₂O₃ dan Fe/Al₂O₃. Menggunakan laju alir 0,5/1,5 ; 1,0/1,5 ; 1,5/1,5 ltr/mnt, waktu sintesis selama 20 menit dan temperature proses 700°C. Berat katalis yang dipakai masing – masing sebesar 0,3 gram. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD yang dipengaruhi oleh jenis katalis dapat ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Foto SEM CNT dengan A) katalis Co/Al₂O₃ laju asetilene 0,5 l/mnt B) katalis Fe/Al₂O₃ laju alir asetilene 0,5 l/mnt C) Co/Al₂O₃ laju alir asetilen 1,0 l/mnt D) Fe/Al₂O₃ laju alir asetilen 1,0 l/mnt. E) Co/Al₂O₃ laju alir asetilen 1,5 l/mnt. F) Fe/Al₂O₃ laju alir asetilen 1,5 l/mnt.

Dari Gambar 8, hasil analisa SEM dapat dilihat bahwa carbon nanotube yang dihasilkan dengan menggunakan katalis Co/Al₂O₃ lebih bagus daripada yang menggunakan katalis Fe/Al₂O₃. Hal ini dapat dilihat dari bentuk/morfologi carbon nanotube yang dihasilkan. Carbon nanotube yang dihasilkan menggunakan katalis Co tubenya lebih sempurna daripada tube yang dihasilkan menggunakan katalis Fe. Hal ini dikarenakan Katalis Co memiliki energi aktivasi yang lebih rendah daripada katalis Fe, sehingga dengan energi yang diberikan besarnya sama maka keaktifan katalis Co lebih tinggi sehingga carbon nanotube yang terbentuk lebih bagus yang menggunakan katalis Co daripada katalis Fe.



Gambar 10. Grafik perbandingan energy aktivasi Co dengan Fe (Zhang dkk, 2008)

4. KESIMPULAN

- Dalam pembuatan CNT dengan variasi laju alir gas asetilen, memberikan pengaruh terhadap diameter CNT yang dihasilkan. Semakin besar laju alir gas asetilen maka diameter CNT yang dihasilkan semakin besar.
- Dengan semakin besarnya diameter CNT yang dihasilkan, maka kerapatan CNT semakin kecil sehingga berat CNT yang dihasilkan juga semakin kecil.
- Penggunaan katalis Co/Al₂O₃ dan katalis Fe/Al₂O₃ memberikan pengaruh yang berbeda pada sintesis *Carbon Nanotube* (CNT), dimana katalis Co memiliki energi aktivasi yang lebih rendah daripada Fe. Hal ini menyebabkan Katalis Co lebih aktif dari pada Fe sehingga tube yang dihasilkanpun menjadi semakin bagus.
- *Carbon Nanotube* (CNT) yang dihasilkan adalah berjenis *Multi Walled Nanotube* (MWNT)

5. DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, K. (2006). "*Perangkat Memori Berbasis Carbon Nanotube*" jurnal, Bandung

Colomer, J. F., Bister, G., Willems, I., Konya, Z., Fonseca, A., Van Tendeloo, G. dan Nagy, JB. (1999). "*Synthesys of Single-Wall Carbon Nanotubes by Catalytic Decomposition of Hydrocarbons. Chemical Communications*". 14: 1343-1344.

Colomer, J.F., Stephan, C., Lefrant, S., Van Tendeloo, G., Willems, I., Konya, Z., Fonseca, A., Laurent, Ch. Dan Nagy, J.B. (2000). "*Large-Scale Synthesis of Single-Wall Carbon Nanotubes by Catalytic Chemical Vapor Deposition (CCVD) Method*". *Chemical Physics Letters*.317: 83-89.

Faizah, M.Y., Fakhrol, A., Sidek, R.M., dan Rosdi, M.M. (2008). "*Synthesis of Carbon Nanotubes for Acetylene Detection*". *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 3, No. 1 (2008) 71 – 78

Hill, J. W and Petrucci, R. H., (2002). "*General chemistry : An integrated approach*" 3rd edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc

Holister, P., Harper, T.E. dan Vas, C.R. (2003). "*Nanotubes White Paper*". Spanyol: CMP Cientifica.

Ijima, S. (1991). "*Helical Microtubules Of Graphitic Carbon*" *Nature*, 354

Kusumadewi.(2005). "*Perangkat Memori Berbasis Carbon Nanotube*". unpublished.

Nuryadi, R. (2006). "*Carbon Nanotube dan Teknologi Nano*". Diambil 13 April 2010 dari <http://leauxities.wordpress.com/2009/05/14/carbon-nanotube-dan-teknologi-nano/>

Yardley, J., (1997). *The Discovery Of Buckminsterfullerene, the Fullerenes and Their Potential Application*.

Yildirim, T., Gulseren, O., Kilic, C., Ciraci, S. (2000). "*Pressure – induced interlinking of carbon nanotubes : Physical Review B*" 62 (19), 648 – 651

Zhang, J., Su, D.,Muller, J., Schlogl,R., (2008) "*Fe-Co Nanoparticles inside Carbon Nanotubes for H2 production from NH3*" *Department of Inorganic Chemistry, Fritz-Haber-Institute of the Max Planck Society, Faradayweg 4-6, D-14195 Berlin,Germany*