



**STUDI PENGARUH JENIS DAN KOMPOSISI KATALIS PADA PROSES
PERTUMBUHAN *CARBON NANOTUBE* (CNT) DENGAN METODE
CATALYTIC CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION (CCVD)**

RETNO SUTANTI (L2C309002) dan SUSI HANDAYANI (L2C309047)

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang telp/fax.(024)7460058

Abstrak

Carbon Nanotube merupakan salah satu teknologi nano yang banyak digunakan dalam berbagai ilmu pengetahuan diantaranya dalam bidang elektronik, bidang kimia dan lain – lain. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan sistem Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD) untuk sintesis 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 $700^{\circ}C$, dan rasio laju alir gas N_2 dan gas Asetilen yaitu 1:1. Dari hasil analisa Scanning Electron Microscopy (SEM), CNT yang terbentuk tipe MWNT dengan diameter yang berbeda-beda, dimana untuk konsentrasi komponen aktif yang semakin besar dihasilkan CNT dengan diameter yang semakin besar. Sedangkan berat produk hasil sintesis berbanding terbalik dengan konsentrasi komponen aktif. Semakin besar komponen aktif semakin kecil berat produk hasil sintesis. Untuk katalis Fe/Al_2O_3 memberikan diameter CNT yang lebih besar dibandingkan CNT yang disintesis menggunakan katalis Co/Al_2O_3 .

Kata kunci : CNT, katalis, SEM

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 $700^{\circ}C$, flow rate ratio of N_2 and acetylene gas is 1 : 1. From analysis result by Scanning Electron Microscopy (SEM), CNT was formed MWNT type with difference diameter, where in order to larger active component concentration resultant diameter of CNT larger. Whereas product severe sintheses result turn inside out collating with active component. The larger of active component, 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.

Keyword : CNT, catalysts, SEM

PENDAHULUAN

Teknologi nano merupakan hal baru dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Teknologi nano merupakan bentuk perpaduan material-material fungsional, dengan tujuan untuk mempermudah sistem-sistem dengan pengaturan skala panjang nanometer (1-100 nm) beserta fenomena penyebarannya dengan skala tersebut. Nano berarti seper-satu milyar dari sesuatu. Sebagai perbandingan 10 nm adalah 1000 kali lebih kecil dibandingkan dengan diameter dari rambut manusia. Teknologi nano merupakan alat untuk mengontrol material-material yang dibuat dalam ukuran atom dan molekul. Dengan level atau tingkat pengontrolan ini,



kemungkinan kreasi atau perpaduan material-material baru dan tujuan-tujuan baru menjadi tak terbatas.

Sekarang ini, banyak kemajuan yang dibuat dalam pengecilan ukuran dari struktur mikro ke struktur nano. Sebuah nanostruktur didefinisikan sebagai sebuah struktur dimana paling sedikit satu dari bentuk 3 dimensi nanostruktur yang terletak antara 1 dan 100 nm. Sebuah nanostruktur adalah struktur nano yang terdiri dari atom-atom karbon. Karbon nanostruktur mempunyai lebih dari satu bentuk. Oleh karena itu, karbon hanyalah elemen dalam tabel periodik yang mempunyai bentuk allotrop dari 0-D sampai 3-D. Seperti yang telah diketahui karbon nanostruktur termasuk 0-D *fullerenes*, 1-D *carbon nanotube* dan 1-D *carbon nanofibers* (CNF). Grafit dan intan dikenal sebagai bentuk 3-D karbon nanostruktur (Wang dkk., 2001). *Fullerene* tersusun dari unsur karbon murni berjumlah 60 atom atau lebih dimana antara satu dengan lainnya terhubung dengan ikatan kimia berjenis orbital sp^3 . Selama ini telah dikenal beberapa jenis *fullerene* seperti C_{60} , C_{70} , C_{120} , dan lain-lain. Dari jenis tersebut, C_{60} merupakan material yang paling populer karena yang ditemukan pertama dan berbentuk unik seperti bola sepak. Penemuan *buckminsterfullerene* dan metode untuk mengisolasinya ini telah membuka pintu ke bidang kimia dan ilmu material baru yang menarik (Ratno, 2004). Penemuan *fullerene* (C_{60}) ini kemudian memicu ditemukannya material baru bernama *carbon nanotube* yang kemudian dikenal dengan singkatan CNT yang ukuran porinya berskala nanometer.

Filamen-filamen karbon dengan diameter yang sangat kecil (lebih kecil dari 10 nm) dipersiapkan pada tahun 1970an sampai tahun 1980-an dengan mensistensis uap sehingga menumbuhkan serat-serat karbon dengan dekomposisi hidrokarbon pada temperatur yang tinggi dengan menambahkan katalis logam transisi dengan ukuran diameter partikel < 10 nm (Kroto dkk., 1985 dan Iijima, 1991). Meskipun begitu tidak ada yang bisa menjelaskan secara rinci sistematis dari filamen-filamen yang sangat kecil seperti yang telah ditemukan saat ini. Pendekatan langsung mengenai sistematis dari filamen-filamen karbon dengan diameter yang sangat kecil didapat dari penemuan fullerenes oleh Kroto, Smalley Curl dan Cowokers pada Rice University (Kroto dkk., 1985). Pada kenyataannya Smalley dan yang lainnya berani mempublikasikan bahwa satu dinding *carbon nanotube* sebagai keadaan terbatas dari molekul *fullerene*. Pembentukan *carbon nanotube* pertama kali ditulis dalam literatur oleh Baker, dkk., 1987, tetapi CNT ini sering disebut sebagai karbon filamen. Mereka menggunakan katalis besi, kobalt dan kromium untuk mendekomposisi asetilen dan menyokong dalam grafit dan silikon. Laporan ini tidak menunjukkan bentuk simulasi yang menarik dari penelitian mengenai CNT tetapi hanya mekanisme untuk menumbuhkan filamen.

Terobosan nyata mengenai ilmu pengetahuan nano berasal dari penelitian dengan percobaan pengamatan pada *carbon nanotube* pada tahun 1991 oleh Iijima di laboratorium NEC (National Electrostatic Corporation) di Tsukuba Jepang, menggunakan resolusi tinggi pengiriman elektron mikroskopik atau high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) (Iijima, 1991). HRTEM ini bekerja sebagai jembatan antara percobaan pengamatan dan kerangka teori untuk CNT dalam hubungannya dengan *fullerenes* dan sebagai contoh teori dari sistem 1D. Sejak diperoleh hasil pengamatan oleh Iijima, sekarang pengetahuan dan resolusi teknik telah dimulai berdasar atas kemampuan pengorganisasian secara sistematis dan pengontrolan bahan pada skala nano. Aplikasi *carbon nanotube* sudah banyak digunakan dalam

berbagai bidang ilmu pengetahuan diantaranya : Elektronik (sensor kimia-fisika, biosensor, kapasitor, transistor, dll), Bidang kimia (elektroda, penyimpanan gas hidrogen, baterai litium, membran separasi, katalis pembantu dan adsorben), dll.

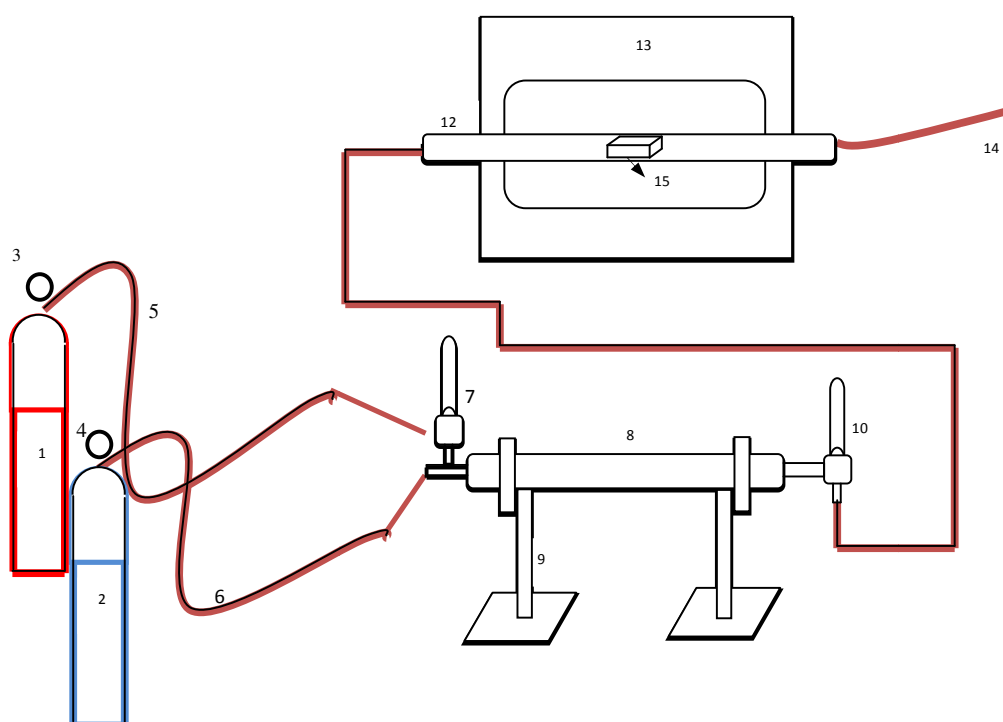
BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian ini menggunakan gas asetilen dan nitrogen. Gas asetilen sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan CNT. Rasio perbandingan gas nitrogen : asetilen = 1 : 1. Sedangkan katalis yang digunakan sebesar 0,3 gram dengan jenis katalis yang berbeda (katalis $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ dengan komposisi 3% dan 3,5 % serta katalis $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ dengan komposisi 3 % dan 3,5 %).

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).





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 | |

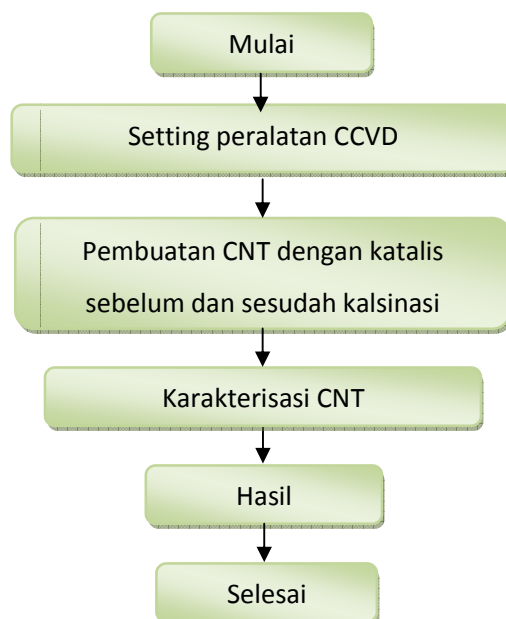
Gambar 1. Skema sistem CCVD yang digunakan untuk sintesis *carbon nanotubes*

Pembuatan Katalis

Katalis yang digunakan dalam sintesis CNT ini dibuat dengan cara impregnasi. Dimulai dengan mencampurkan Cobalt dengan Al_2O_3 dan Fe 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 1 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 diisikan 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 jenis katalis dengan berat 0,3 gr. Setelah sintesis dilakukan, selanjutnya dilakukan penimbangan terhadap hasil CNT pada masing-masing variasi jenis katalis dan dianalisa. Secara garis besar tahapan pembuatan atau sintesis CNT dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut :



Gambar 2. skema proses pertumbuhan CNT dengan metode CCVD

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Percobaan

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

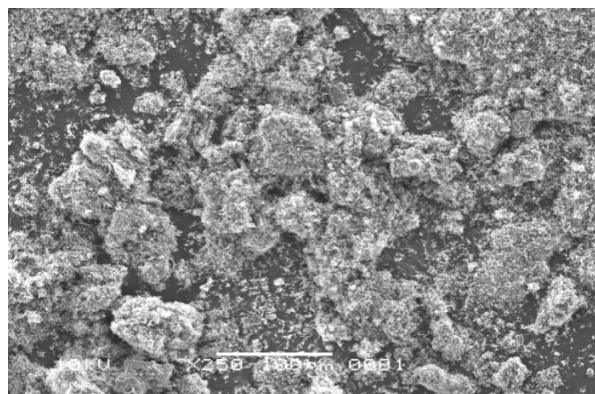
Sintesis CNT pada penelitian ini menggunakan gas asetilen dimana gas asetilen mempunyai ikatan karbon rangkap tiga sehingga bisa dijadikan sebagai sumber karbon dan gas nitrogen sebagai gas inert yang berguna untuk menghilangkan oksigen dalam stainless steel yang memungkinkan bisa timbulnya reaksi oksidasi (mengakibatkan ledakan). Perbandingan laju alir gas asetilen dengan gas nitrogen 1:1. Waktu sintesis CNT selama 20 menit dengan temperatur 700°C. Berat katalis yang dipakai Co/Al₂O₃ sebesar 0,3 gram. Proses sintesis CNT diawali dengan memanaskan furnace sampai temperature 700°C dimana stanles steel berada didalam furnace yang telah diisi dengan katalis Co/Al₂O₃ sebesar 0,3 gram. Saat temperatur furnace mencapai 650°C gas nitrogen mulai dialirkan sampai sintesis selesai (waktu operasi 20 menit), 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 3 dan Gambar 4

Tabel 1 Hasil percobaan dengan katalis Cobalt yang dikalsinasi

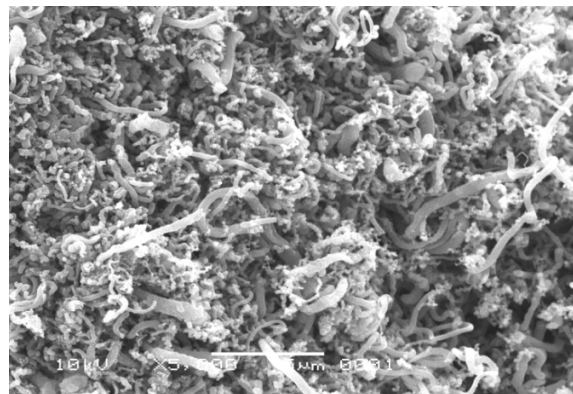
No	Jenis Katalis	Berat produk	Tipe CNT	Ukuran diameter
1.	Co/Al ₂ O ₃ 3%	0,52 gr	MWNT	200 nm
2.	Co/Al ₂ O ₃ 3,5%	0,38 gr	MWNT	320 nm

katalis Co/Al₂O₃ dengan komposisi 3% (katalis utama) menghasilkan berat CNT yang lebih banyak dibandingkan dengan katalis Co/Al₂O₃ dengan komposisi 3,5% (katalis utama). Hal ini disebabkan karena katalis dengan komposisi 3% (katalis utama) mempunyai jumlah surface area yang lebih besar dibanding dengan katalis dengan komposisi 3,5% (katalis utama) sehingga lebih banyak mengikat atom C dari gas asetilen yang digunakan sebagai sumber karbon.

250 x

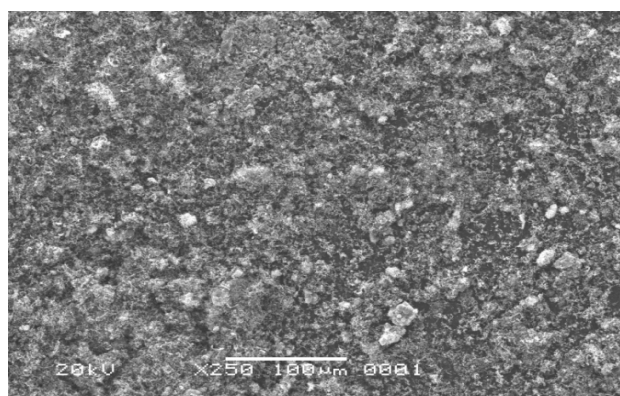


5000 x

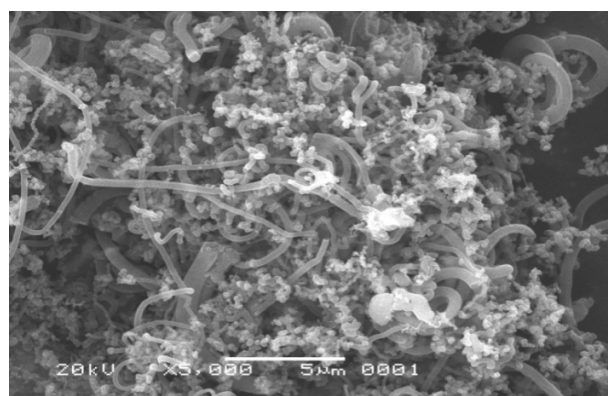


Gambar 3 Foto SEM CNT dengan katalis Co/Al₂O₃ 3%

250x



5000x



Gambar 4 Foto SEM CNT dengan katalis Co/Al₂O₃ 3,5%

Dari Gambar 3 dan 4 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 sampel CNT dengan katalis $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ 3% 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 $(0,8 \text{ cm}/2 \text{ cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 0,2 \mu\text{m} = 200 \text{ nm}$. Sedangkan pada CNT dengan katalis $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ 3,5% diameter partikelnya = 320 nm. Dari hasil pengukuran tersebut (diameter CNT 200 nm dan 320 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).

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

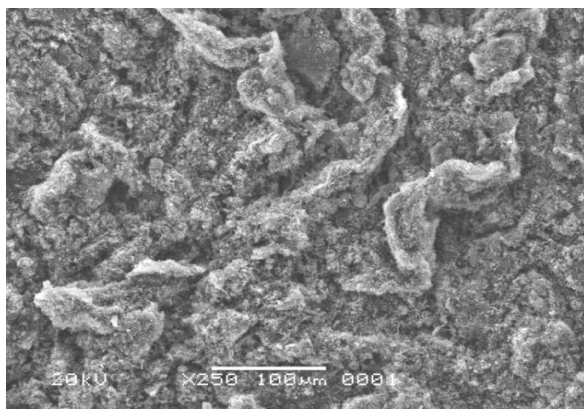
Dengan menggunakan perbandingan laju alir gas asetilen dengan gas nitrogen 1:1. Waktu sintesis CNT selama 20 menit dengan temperatur 700°C. Berat katalis yang dipakai $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ sebesar 0,3 gram Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD berbasis katalis Fe dapat ditunjukkan pada Tabel 2 dan hasil analisa CNT dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6

Tabel 2 Hasil percobaan dengan katalis Fe yang dikalsinasi

No	Jenis Katalis	Berat produk	Tipe CNT	Ukuran diameter
1.	$\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 3%	0,8 gr	MWNT	420 nm
2.	$\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 3,5%	0,31 gr	MWNT	500 nm

katalis $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ dengan komposisi 3% (katalis utama) menghasilkan berat CNT 0,8 gram sedangkan dengan katalis $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ komposisi 3,5% (katalis utama) menghasilkan berat CNT 0,31 gram. Hal ini disebabkan karena katalis dengan komposisi 3% (katalis utama) mempunyai jumlah surface area yang besar sehingga banyak mengikat atom C dari gas asetilen yang digunakan sebagai sumber karbon.

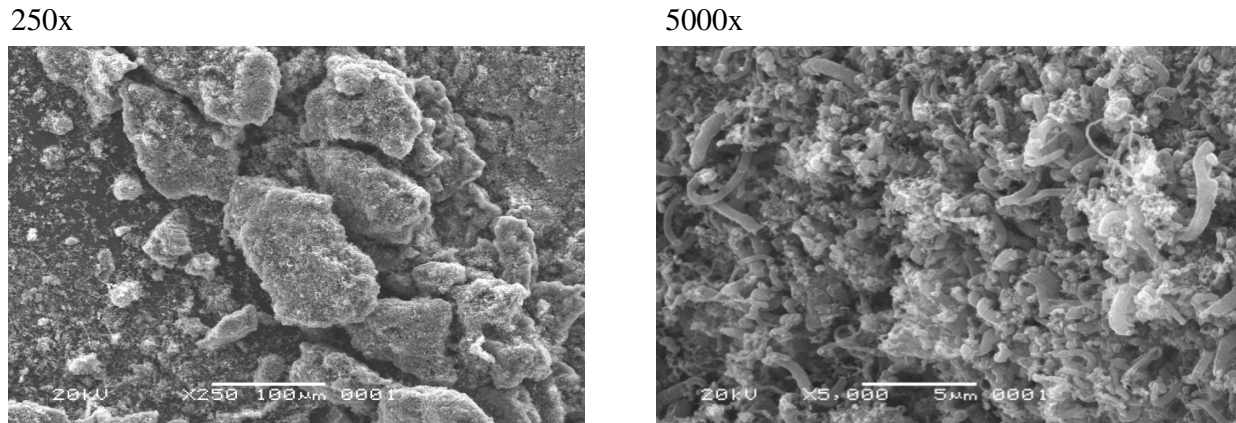
250x



5000x



Gambar 5 Foto SEM CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ 3%



Gambar 6 Foto SEM CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ 3,5%

Dari Gambar 5 hasil analisa SEM didapatkan CNT yang terbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT). Pada sampel CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ 3% diameter partikel diukur dengan menggunakan penggaris adalah 0,4 cm maka diameter riil partikel CNT tersebut adalah $(0,4 \text{ cm}/4,8 \text{ cm}) \times 5 \mu\text{m} = 0,42 \mu\text{m} = 420 \text{ nm}$. Sedangkan pada CNT dengan katalis Fe/Al₂O₃ 3,5% (Gambar 6) dengan cara pengukuran yang sama diameter partikelnya = 500 nm. Dari hasil pengukuran tersebut (katalis Fe/Al₂O₃ 3% diameter 420 nm, katalis Fe/Al₂O₃ 3,5% diameter 500 nm), maka dapat disimpulkan bahwa CNT yang dihasilkan berbentuk tipe *Multi-walled Nanotubes* (MWNT).

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

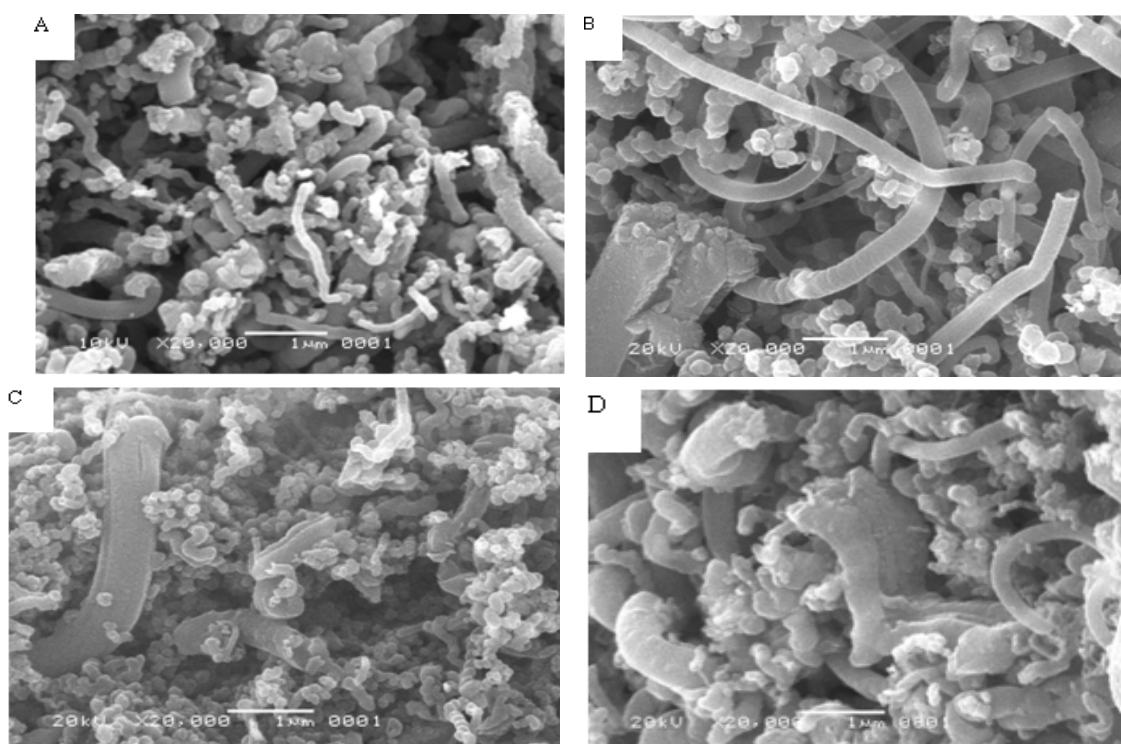
Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari gas asetilen dengan metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) menggunakan dua jenis katalis yang berbeda yaitu Co/Al₂O₃ dan Fe/Al₂O₃ dalam berbagai komposisi dengan berat katalis yang sama masing – masing sebesar 0,3 gram. Menggunakan gas asetilen dan gas nitrogen dengan perbandingan laju alir gas 1 : 1, waktu sintesis selama 20 menit dan temperature proses 700°C. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD yang dipengaruhi oleh jenis katalis dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dan hasil analisa CNT dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 7

Tabel 3 Sintesis CNT yang dipengaruhi jenis katalis

No	Jenis Katalis	Berat produk	Tipe CNT	Ukuran diameter
1.	Co/Al ₂ O ₃ 3%	0,52 gr	MWNT	200 nm
2.	Co/Al ₂ O ₃ 3,5%	0,38 gr	MWNT	320 nm

3.	Fe/Al ₂ O ₃ 3%	0,8 gr	MWNT	420 nm
4.	Fe/Al ₂ O ₃ 3,5 %	0,43 gr	MWNT	500 nm

Dari Tabel 3 didapatkan berat produk CNT yang dihasilkan dari katalis Fe/Al₂O₃ lebih banyak dibandingkan dengan berat produk CNT yang dihasilkan dari katalis Co/Al₂O₃, hal ini dikarenakan katalis Fe yang digunakan dalam sintesis CNT mempunyai active sites yang lebih besar dalam proses dekomposisi karbon serta katalis juga mempunyai kecenderungan yang kuat untuk aglomerasi dengan atom lain (karbon) karena sifat kemagnetannya. Pada temperature 700°C katalis Fe mempunyai spesifik energi permukaan yang tinggi dibandingkan katalis Co sehingga lebih banyak menghasilkan produk CNT. Selain dari jenis katalis utama yang digunakan, sintesis CNT juga dipengaruhi oleh supporting katalis. Dari Tabel 3, dengan membandingkan sampel no. 1 dan 2 dapat dilihat bahwa komposisi supporting (loading) memegang peranan penting dalam sintesis CNT karena loading mempunyai efek yang signifikan agar supporting dapat memberikan tingkat disperse komponen aktif yang besar, ini akan mempengaruhi besarnya karbon yang dapat diikat oleh katalis dalam sintesis CNT. Supporting alumina merupakan salah satu supporting yang sering digunakan karena mudah dalam pengendalian ukuran dan bentuk pori. Selain itu penggunaan supporting alumina dalam penelitian karena titik lebur alumina lebih besar daripada titik lebur Fe dan Co sehingga alumina mempunyai stabilitas termal yang baik.



Gambar 8 Foto SEM CNT dengan A) katalis Co/Al₂O₃ 3% diameter 200 nm B) katalis Co/Al₂O₃ 3,5 % diameter 320 nm C) Fe/Al₂O₃ 3% diameter 420 nm D) Fe/Al₂O₃ 3,5% diameter 500 nm

Dari Gambar 8, hasil analisa SEM dapat dilihat bahwa partikel katalis memiliki peranan penting dalam penumbuhan *carbon nanotube*. Ukuran partikel katalis sangat berpengaruh diameter *carbon nanotube* yang terbentuk dimana diameter *carbon nanotube* yang terbentuk semakin membesar seiring dengan penambahan konsentrasi *cobalt*. Dari gambar 8 terlihat bahwa semakin besar komposisi *cobalt* dan *Ferrum* yang ditambahkan pada pembuatan katalis yang akan digunakan, semakin besar pula diameter nanotube karbon yang terbentuk. Dengan kondisi yang sama tetapi menggunakan komposisi katalis yang berbeda maka akan dihasilkan ukuran diameter CNT yang berbeda yaitu dengan komposisi katalis Co/Al₂O₃ 3% dihasilkan CNT dengan diameter 200 nm sedangkan dengan komposisi katalis Co/Al₂O₃ 3,5% dihasilkan CNT dengan diameter 320 nm dan komposisi katalis Fe/Al₂O₃ 3% dihasilkan CNT dengan diameter 420 nm sedangkan dengan komposisi katalis Co/Al₂O₃ 3,5% dihasilkan CNT dengan diameter 500 nm. Hasil yang didapat menegaskan bahwa komposisi Co dan Fe dalam katalis adalah kunci yang memegang peranan penting dalam proses pembentukan *carbon nanotube*. Dalam pembentukan *carbon nanotube* dengan metode CCVD, katalis memiliki peranan penting diantaranya mengkatalisasi proses dehidrogenasi molekul Acetylen sehingga menghasilkan ikatan yang terdiri dari atom C. Nanopartikel Co dan Fe akan berperan sebagai awal mula membentuk struktur tubular pada *carbon nanotube*.

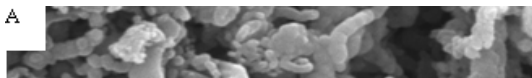
4. Pengaruh Kalsinasi (dalam Proses Pembuatan Katalis) dalam Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD)

Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari gas asetilen dengan metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) menggunakan dua jenis katalis dengan perlakuan yang berbeda selama pembuatan katalis yaitu Co/Al₂O₃ 3 % dan Fe/Al₂O₃ 3 % yang dikalsinasi dengan Co/Al₂O₃ 3 % dan Fe/Al₂O₃ 3 % tanpa kalsinasi dengan berat katalis yang dipakai masing – masing sebesar 0,3 gram. serta menggunakan gas asetilen dan gas nitrogen dengan perbandingan laju alir gas 1 : 1, waktu sintesis selama 20 menit dan temperature proses 700°C. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD karena pengaruh kalsinasi katalis ditunjukkan pada Tabel 4 dan hasil analisa CNT dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 9

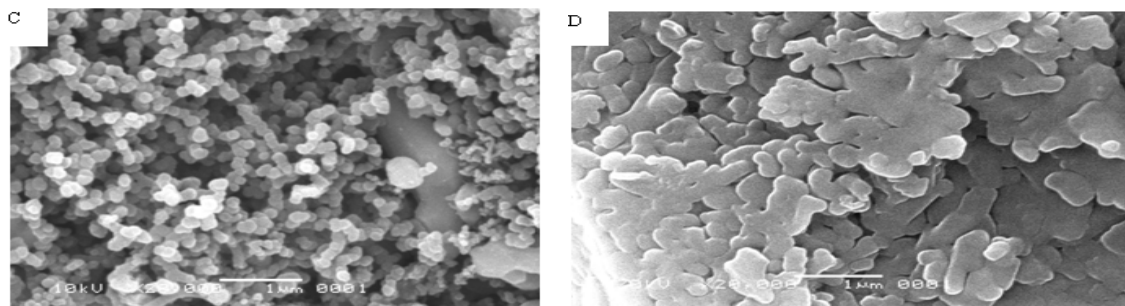
Tabel 4 Sintesis CNT dengan katalis kalsinasi dan katalis tanpa kalsinasi

No	Jenis Katalis	Berat produk	Tipe CNT	Ukuran Diameter CNT
1.	Co/Al ₂ O ₃ 3% dengan kalsinasi	0,52 gr	MWNT	200 nm
2.	Fe/Al ₂ O ₃ 3% dengan kalsinasi	0,8 gr	MWNT	420 nm
3.	Co/Al ₂ O ₃ 3% tanpa kalsinasi	0,32 gr	Tidak terbentuk CNT	-
4.	Fe/Al ₂ O ₃ 3% tanpa kalsinasi	0,36 gr	Tidak terbentuk CNT	-

Dari Tabel 4, sintesis CNT menggunakan katalis yang sudah dikalsinasi dan menggunakan katalis tanpa dikalsinasi memberikan efek yang berbeda pada proses pertumbuhan CNT. dengan katalis yang tidak dikalsinasi tidak terbentuk CNT dan dengan katalis yang sudah



dikalsinasi baik dengan $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ 3% dan $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 3%, keduanya menghasilkan CNT dengan tipe yang sama



Gambar 9 Foto SEM Sintesis CNT dengan A) katalis $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ 3% dengan kalsinasi B) katalis $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 3% dengan kalsinasi C) $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ 3% tanpa kalsinasi D) $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 3% tanpa kalsinasi

Gambar 9A) dan 9B) sintesis CNT dengan menggunakan katalis yang sudah dikalsinasi, pada gambar ini menunjukkan terbentuk CNT dengan struktur pipa-pipa tubular, sedangkan pada Gambar 9C) dan Gambar 9D) menunjukkan sintesis dengan katalis yang tidak dikalsinasi tidak dapat terbentuk CNT sama sekali yang ditandai dengan tidak adanya struktur pipa tubular. Katalis yang tidak dikalsinasi komponen aktifnya tidak aktif sehingga katalis tidak bisa bekerja dengan baik. Dengan kalsinasi akan dapat menghilangkan air yang terjebak dalam pori katalis, mengendalikan distribusi ukuran baru dan mengaktifkan situs aktif yang ada dalam katalis. Katalis tanpa kalsinasi yang berada dalam stainless steel pada temperature 700°C hanya akan terjadi proses sintering karena tidak adanya komponen aktif pada permukaan pori katalis.

KESIMPULAN

Dalam sintesis CNT dengan berat katalis dan kondisi operasi yang sama, tetapi konsentrasi komponen aktif pada katalis yang berbeda memberikan pengaruh terhadap diameter dan berat produk CNT yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi komponen aktif katalis maka diameter CNT yang dihasilkan semakin besar, sedangkan berat produk yang dihasilkan dalam sintesis CNT berbanding terbalik dengan konsentrasi katalis yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi komponen aktif pada katalis yang digunakan, semakin sedikit berat produk yang dihasilkan. Penggunaan katalis $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$ dan katalis $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ memberikan pengaruh yang berbeda pada sintesis *Carbon Nanotube* (CNT), dimana pada CNT yang menggunakan katalis $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ mempunyai diameter yang lebih besar dan berat produk yang lebih banyak dibanding dengan CNT yang menggunakan katalis $\text{Co/Al}_2\text{O}_3$.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, K., 2006 “*Perangkat Memori Berbasis Carbon Nanotube*” jurnal, Bandung
- Baker, R. T. K., Chludzinski, Jr. J. J., Lund, C. R. F., 1987 “*Further Studies of the Formation of Filamentous Carbon from the Interaction of Supported Iron Particles with Acetylene : Carbon*” 25 : 295 – 303
- Christian, P. D., Kenneth, Vecchio., 2005 “*Prediction of Carbon Nanotube Growth Success by The Analysis Carbon–Catalyst Binary Phase Diagrams*” Materials Science and Engineering Program, University of California, San Diego, La Jolla, CA 92093-0411, USA. Carbon 44 267–275
- Daenen, M., deFouw, R. D., Hamers, B., Janssen P. G. A., Schouteden, K., Veld, M. A, J., 2003 “*The Wondrous World Of Carbon Nanotubes ‘A Review Of Current Carbon Nanotube Technologies*” Eindhoven University of Technology
- Eswaramoorthy, M., Rahul Sen., Rao, C. N. R., 1999 “*A Study Of Micropores In Single-Walled Carbon Nanotubes By The Adsorption Of Gases And Vapors*” Chemistry and Physics of Materials Unit, Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Jakkur P.O., Bangalore 560064, India
- Fatimah, A. N., Lizi, L., Zaenufar., Yulkifli., Abdullah, M., Sukirno., Khairurrijal., 2008 “*Kajian Pembuatan Nanotube Karbon dengan Menggunakan Metode Spray Pyrolysis*” Kelompok Keahlian Fisika Material Elektronik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung
- Harini., 2004 “*Mengenal Proses CVD*” Korosi 13, Pusat Penelitian Metalurgi LIPI, Tangerang
- Hill, J. W and Petrucci, R. H., 2002 “*General chemistry : An integrated approach*” 3rd edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc
- Horvath, Kertesz K, L Petho, A.A. Koos, 2005 “*Inexpensive, Upscapable Nanotubes Growth Methods*” Nanostruktur Laboratory, Resech Institute for Technical Physics and material Science of Hungarian Academy of Sciences
- Ijima, S., 1991 “*Helical Microtubules Of Graphitic Carbon*” Nature, 354
- Jayalakshmi, M., Rao, M. M., Choudry B. M., 2004 “*Electrochemistry Communication 6*” 1119-1122
- Kamalakaran, R., Terrones, M., Seeger, T., 2000 “*Synthesis Of Thick And Crystalline Nanotube Arrays By Spray Pyrolysis*” Max-Planck-Institut für Metallforschung, Seestr. 92, D-70174 Stuttgart, Germany
- Kroto, H. W., Curl, Smalley., Cowokers., 1985 “*C60-Buckminsterfullerene*” Nature 318 (6042)162 – 163
- Michael, M. S., Prabakaran, S. R. S, 2004 “*Journal of Power Sources*” 136, 250-256
- Mendez, A., Gasco G., 2005 “*Optimization Of Water Desalination Using Carbon-Based Absorbents*” Desalination 183, 249-255
- Meyyappan, M., 2005 “*Carbon Nanotubes Science and Applications*” NASA Ames Research Center Moffett Field, CA CRC PRESS, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Navaladian, S., 2007 “*FRONTIERS IN CHEMISTRY: Nano Materials*” National Centre for Catalysis Research Department of Chemistry Indian Institute of Technology, Madras, Chennai 600 036
- Ratno, Nuryadi., 2004 “*Carbon Nanotubr dan Teknologi Nano*” Sinar Harapan



- Terrones, Maurici., 2003 “*Science And Technology Of The Twenty-First Century: Synthesis, Properties, and Applications of Carbon Nanotubes*” Advanced Materials Department, IPICT, Av. Venustiano Carranza 2425-A, Colonia Bellas Lomas, 78210 San Luis Potosí, SLP, Mexico; Anu, 419-501
- Wang, T. H., Sun, J. P., 2001 “*Effect of Temperature on Deformation of Carbon nanotube under compression*” Acta phys. Sin. 51 2096
- Wunderlich, D., Hauke, F., Hirsch, A., 2007 “*Preffered Functionalization of Metallic and Small – Diameter Single Walled Carbon nanotubes via reductive alkylaton*” Journal of Material Chemistry, 18 1493
- www.mse.iastate.edu/microscopy/whatsem.html, judul “*What is the S.E.M?*”
- www.mse.iastate.edu/microscopy/highschool.html, judul “*What is an electron microscope?*”
- www.mse.iastate.edu/microscopy/path2.html, judul “*How the SEM works?*”
- www.mse.iastate.edu/microscopy/proimage.html, judul “*How an image is produced*”
- Xin Xu., Wei-Qiao Deng., Jianwei Che., Tahir Cagin., William, A., 2003 “*Mechanism of Transition Metal Catalyzed Growth of Single-Wall Carbon Nanotubes*” Department of Chemistry, Materials and Process Simulation Center, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125
- Xue Feng, 2005 “*Application Of Single Walled Carbon Nanotubes In Environmental Engineering: Adsorption And Desorption Of Environmentally Relevant Species Studied By Infrared Spectroscopy And Temperature Programmed Desorption*” Submitted to the Graduate Faculty of School of Engineering in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of Pittsburgh.
- 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 D., Shi L., Fang J., Dai K. Liu J., 2006 “*Influence Of Carbonization Of Hot-Pressed Carbon Nanotubes Electrodes On Removal Of Nacl From Saltwater Solution*” Materials Chemistry and Physics 96, 140-144