

# **STUDI PENGARUH KATALIS TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MORFOLOGI CARBON NANOTUBES DARI GAS ASETILENA DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CATALYTIC CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION (CCVD)**

**Atyaforza (L2C007017) dan Desmile Yusufina (L2C007026)**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058  
Pembimbing: Dr. Tutuk Djoko Kusworo, S.T., M.Eng

## **Abstrak**

*Carbon Nanotubes (CNTs) merupakan salah satu aplikasi nanoteknologi yang paling terkenal dan banyak menarik perhatian para peneliti, karena memiliki beberapa kelebihan daripada material lainnya. Aplikasi dari CNT telah merambah ke berbagai aspek, seperti bidang elektronika, material, biologi dan kimia. Penelitian ini menggunakan sistem Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi Cobalt dan Ferrum (Co/Fe) sebagai katalis dan zeolit sebagai support katalis dengan gas asetilen ( $C_2H_2$ ) sebagai sumber karbon dalam sintesis carbon nanotubes (CNTs). Pada penelitian ini digunakan perbandingan laju alir gas asetilen dan gas  $N_2$  yaitu 1:1 dengan berat katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit masing-masing sebesar 0,5 gram pada suhu operasi  $700^\circ C$  selama 20 menit. Dari hasil analisa Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan CNT yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki tipe Multi Walled Nano Tube (MWNT) dengan ukuran diameter dan berat produk yang berbeda, tergantung dari besarnya konsentrasi komponen aktif pada katalis. Semakin besar konsentrasi komponen aktif akan dihasilkan CNT dengan diameter yang semakin besar, sedangkan berat produk semakin kecil. Penggunaan katalis Fe/Zeolit menghasilkan CNT dengan diameter yang lebih besar daripada katalis Co/Zeolit. Adanya kalsinasi akan mempengaruhi terbentuknya CNT.*

**Kata Kunci :** CNT, katalis, SEM

## **Abstract**

*Carbon Nanotubes (CNTs) is one of the most well known nano-technology applications which the most of attracting the attention of researchers, because it has more advantages than other materials. The application of the CNT has extended into various aspects, such as electronics, materials, biology and chemistry. This research uses a system of Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD), which aims to determine the influence of Co / Fe as a catalyst and zeolite as a support catalyst with acetylene gas ( $C_2H_2$ ) as carbon source in the synthesis of Carbon Nanotubes (CNTs). In this experiment, used the ratio of acetylene gas and flow rate of  $N_2$  gas is 1:1 by weight of the catalyst Co / Zeolite and Fe / Zeolite amounted to 0.5 grams at the operating temperature of  $700^\circ C$  for 20 minutes.  $N_2$  gas serves to minimize the occurrence of oxidation reaction (explosion) when operating. From analysis result by Scanning Electron Microscopy (SEM) shows the CNT formed a type of MWNT with different of diameter size and product weight, depending on the size of the active component concentration on the catalyst. The larger of active components produced CNTs with larger diameter, whereas product weight syntheses result smaller. Use of the catalyst Fe / Zeolite produce CNTs with a diameter larger than the catalyst Co / zeolites. The existence of calcination will affect the formation of CNTs.*

**Keywords :** CNT, catalyst, SEM

## PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan ilmu pengetahuan dan teknologi yang baru dan menarik. Dari segi bahasa, istilah “nano” diambil dari ukuran suatu benda/material dalam skala nanometer. Satu nanometer adalah satu per satu milyar meter ( $10^{-9}$  m). Ukuran ini sudah berdekatan dengan ukuran satu atom yang berukuran beberapa amstrong saja (1 amstrong sama dengan sepersepuluh nanometer). Untuk perbandingan, kita bisa mengibaratkan antara besar bumi yang berdiameter kurang lebih 13 ribu kilometer dengan kelereng yang hanya berdiameter 1,3 cm. Terobosan yang sebenarnya pada penelitian Nanoscience hadir melalui pengamatan eksperimental karbon *nanotube* pada tahun 1991 oleh Iijima dari Laboratorium NEC (*National Electrostatic Corporation*) di Tsukuba, Jepang menggunakan transmisi mikroskop elektron resolusi tinggi (HRTEM) (Iijima, 1991).

Beberapa metode dikembangkan untuk menghasilkan karbon *nanotubes* dengan kualitas yang unggul di antaranya *electric arc discharge*, *laser ablation*, dan *catalytic chemical vapour deposition* (CCVD). Pada penelitian ini, karbon nanotube terbentuk dengan adanya proses dekomposisi senyawa hidrokarbon sebagai sumber karbon dalam hal ini dipilih gas asetilena dengan bantuan metal transisi sebagai katalis. Gas asetilena merupakan senyawa yang mudah di dekomposisi. Selain itu senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang paling sering digunakan sebagai sumber karbon dalam pembuatan karbon *nanotubes* dengan menggunakan metode CCVD. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat sistem CCVD, mempelajari pengaruh variasi Co/Fe sebagai katalis dan Zeolit sebagai *support* katalis, serta mengkaraterisasi CNT yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

### Bahan

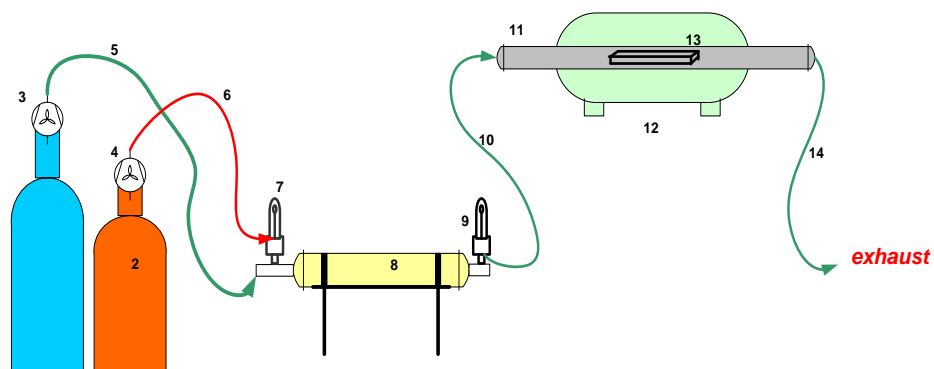
Penelitian ini menggunakan gas Asetilen ( $C_2H_2$ ) dan Nitrogen ( $N_2$ ). Gas asetilen sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan CNT. Sedangkan katalis yang digunakan Cobalt (Co) dan Ferrum (Fe), serta sebagai *support* katalis digunakan Zeolit.

### Penetapan Variabel

Penelitian ini ditetapkan dengan variabel berubah yaitu jenis katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit, komposisi katalis sebesar 3% dan 3,5% berat katalis, serta proses preparasi katalis melalui kalsinasi dan tidak melalui kalsinasi. Sedangkan untuk variabel tetap digunakan perbandingan laju alir gas asetilen : nitrogen = 1 : 1, waktu proses pertumbuhan CNT yang digunakan 20 menit, berat katalis sebesar 0,5 gram, dan temperature operasi yang digunakan sebesar  $700^{\circ}C$ .

### Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan sistem *Catalytic Chemical Vapour Deposition* CCVD. Berikut Gambar 1 merupakan rangkaian alat utama sistem CCVD untuk proses pembentukan *carbon nanotubes* (CNTs).



**Gambar 1.** Skema alat utama sistem *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) pada proses pembentukan CNTs

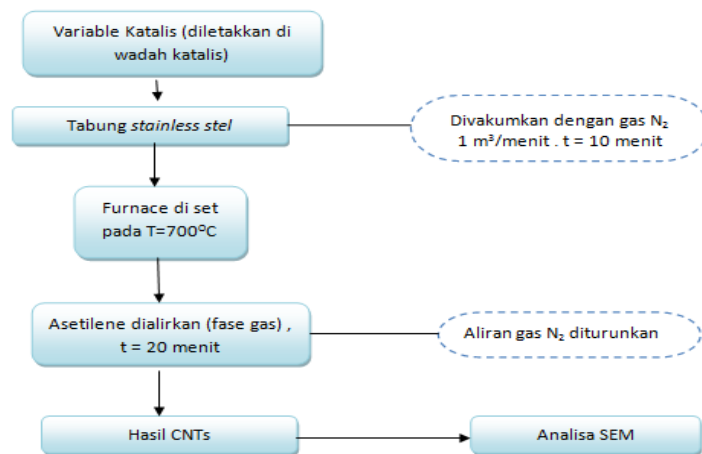
Keterangan :

1. Tabung gas Nitrogen
2. Tabung gas Asetilen
3. Regulator Nitrogen
4. Regulator Asetilen
5. Selang gas Nitrogen
6. Selang gas Asetilen
7. Flowmeter gas Asetien
8. Mixing gas
9. Flowmeter mixing gas
10. Selang mixing gas
11. Tabung stainless steel
12. Furnace
13. Wadah katalis (produk)
14. Selang exhaust

### Prosedur Percobaan

Penelitian dimulai dengan preparasi katalis. Katalis yang digunakan adalah  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , serta penyangga yang digunakan adalah zeolit alam dengan ukuran partikel sesuai dengan variabel. Untuk meningkatkan aktivitas dan luas permukaannya perlu dilakukan aktivasi yaitu pembuatan H-zeolit. Zeolit tersebut dicampur dengan larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  lalu distirer. Kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest, selanjutnya dikeringkan dalam oven. Mencampurkan katalis dan *supporting* katalis dengan menggunakan aquadest, kemudian larutan diaduk selama  $\pm 4$  jam menggunakan *magnetic stirer* hingga homogen. Lalu dikeringkan dalam oven dengan temperature  $110^\circ\text{C}$  selama  $\pm 10$  jam. Dalam hal ini bertujuan untuk menguapkan air. Larutan di kalsinasi pada temperatur  $500^\circ\text{C}$  selama  $\pm 5$  jam.

Berikut skema dibawah ini merupakan langkah selanjutnya yaitu pembuatan CNT menggunakan metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD).



Gambar 2. Diagram alir pembuatan CNTs dengan metode CCVD

## HASIL DAN PEMBAHASAN

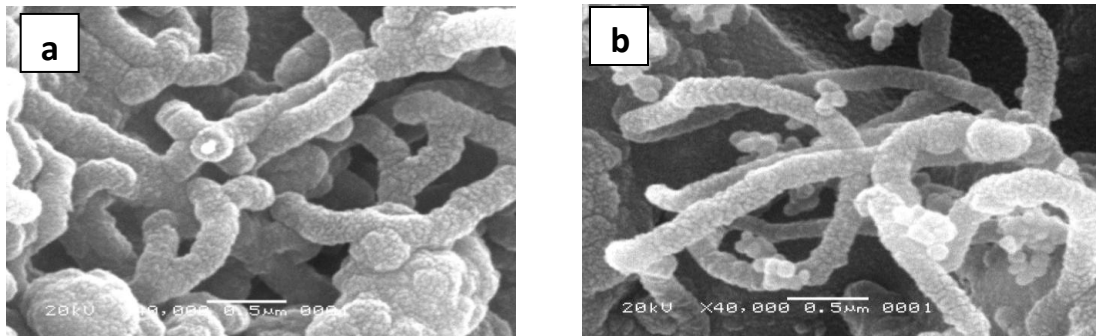
### 1. Karakterisasi Partikel dalam Pembuatan *Carbon Nanotube* (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) Berbasis Katalis Cobalt / Ferrum dan Zeolit sebagai Support Katalis.

Pertumbuhan *Carbon Nanotube* (CNT) melalui metode CCVD dengan berat katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit sebesar 0,5 gram ini dilakukan pre-treatment terlebih dahulu, yaitu ketika furnace mencapai suhu  $650^\circ\text{C}$ , gas nitrogen dialirkan dengan tujuan menghilangkan oksigen dalam stainless steel guna meminimalisir reaksi oksidasi (ledakan). Setelah suhu mencapai  $700^\circ\text{C}$ , gas asetilen ditambahkan menggunakan laju alir gas asetilen dan gas nitrogen sebesar 1:1 selama 20 menit. Zaretskiy dkk. (2003) telah melakukan sintesis CNT dengan mengalirkan gas asetilen ke dalam furnace setelah pre-treatment selama 15-20 menit dan telah menghasilkan CNT dengan yield tinggi. Hasil sintesis CNT dari gas asetilen dengan metode CCVD berbasis katalis cobalt / ferrum dengan perbedaan jumlah komposisi katalis utama dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan hasil analisa CNT dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat ditunjukkan pada Gambar 3 – 4.

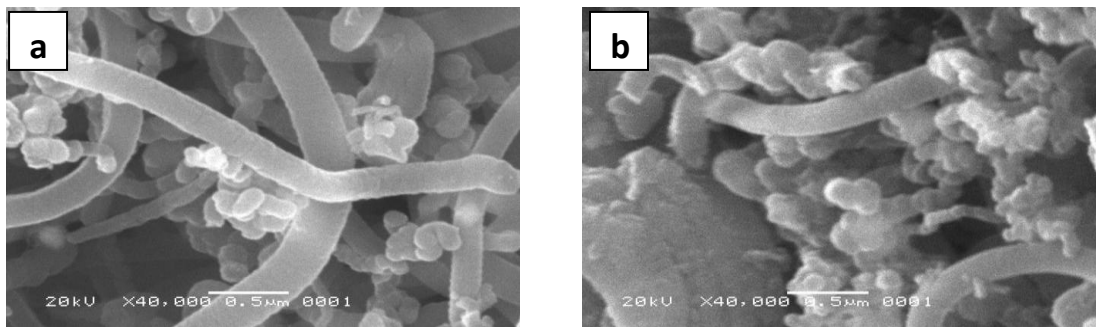
**Tabel 1.** Hasil sintesis CNT dengan katalis Cobalt dan Ferrum yang dikalsinasi

No.	Jenis Katalis	Berat Poduk	Tipe CNT	Ukuran Diameter
1.	Co/Zeolit 3%	1,14 gr	MWNT	210 nm
2.	Co/Zeolit 3,5%	0,9 gr	MWNT	225 nm
3.	Fe/Zeolit 3%	1,2 gr	MWNT	285 nm
4.	Fe/Zeolit 3,5%	1,02 gr	MWNT	300 nm

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit dengan komposisi 3% menghasilkan berat CNT yang lebih banyak dibandingkan dengan katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit dengan komposisi 3,5%. Hal ini disebabkan karena katalis dengan komposisi 3% mempunyai jumlah luas permukaan support katalis untuk komponen aktif yang lebih besar dibanding dengan katalis dengan komposisi 3,5%, dimana peran support katalis sangat penting yaitu katalis utama didispersikan di permukaan support katalis. Sehingga zeolit sebagai support katalis yang terdapat pada Co/zeolit dan Fe/Zeolit dengan komposisi 3% lebih banyak mengikat atom C dari gas asetilen yang digunakan sebagai sumber karbon. Penambahan massa support katalis berpengaruh pada kenaikan persentase atom C dan jumlah nanotube karbon yang terbentuk (Noor dkk., 2009). Namun sebaliknya, ketika komposisi katalis utama sedikit, maka diameter CNT yang terbentuk kecil. Hal ini dikarenakan fungsi dari komposisi katalis utama hanya bertanggungjawab terhadap reaksi kimia utama untuk menghasilkan CNT. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan komposisi katalis utama yang lebih sedikit dibanding dengan komposisi support katalis akan menghasilkan berat produk CNT banyak, namun diameter CNT yang dihasilkan kecil. Berikut ini gambar hasil SEM CNT Co/Zeolit 3% dan 3,5% dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3.** Hasil foto SEM CNT dengan perbesaran 40.000x a) katalis Co/Zeolit 3% b) katalis Co/Zeolit 3,5%



**Gambar 4.** Hasil foto SEM CNT dengan perbesaran 40.000x a) katalis Fe/Zeolit 3% b) katalis Fe/Zeolit 3,5%

Gambar 3 menunjukkan citra SEM material CNT dengan katalis Co/Zeolit 3% yang dihasilkan dengan perbesaran ke-40.000 terukur bahwa ukuran diameter tabungnya 210 nm. Adrian (2009) menjelaskan bahwa diameter karbon nanotube yang terbentuk mempunyai diameter lebih dari 50nm dapat dikategorikan dalam *Multi-*

*Walled Nanotube* (MWNT). Sedangkan Zheng dkk. (2002) mengemukakan bahwa *Single-Walled Nanotubes* (SWNT) berdiameter antara 1,0-1,5nm.

Untuk menentukan distribusi ukuran diameter partikel, seperti halnya yang telah dijelaskan oleh Mikrajuddin dan Khairrurijal (2009) setiap foto SEM memiliki bar skala dengan panjang tertentu dan menjadi acuan penentuan ukuran partikel. Pada Gambar 3, bar yang tertulis panjangnya 0,5  $\mu\text{m}$ . Jika diukur dengan penggaris menggunakan ukuran gambar paling besar (*fullscreen*), maka panjang bar tersebut adalah 3 cm, yang artinya gambar bersesuaian dengan panjang 0,5  $\mu\text{m}$  ukuran sebenarnya. Diameter partikel pada Gambar 3.a) diukur menggunakan penggaris adalah 1,4 cm, maka diameter riil partikel tersebut adalah  $(1,4\text{cm} / 3\text{cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 2,1 \mu\text{m} = 210 \text{ nm}$ . Dengan cara yang sama, Gambar 3.b) mempunyai diameter riil partikel sebesar  $(1,5\text{cm} / 3\text{cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 2,25 \mu\text{m} = 225 \text{ nm}$ . Demikian pula untuk Gambar 4.a) menunjukkan citra SEM material CNT dengan katalis Fe/Zeolit 3% yang dihasilkan dengan berbagai pembesaran perhitungan distribusi diameter riil partikel yaitu  $(1,9\text{cm} / 3\text{cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 2,85 \mu\text{m} = 285 \text{ nm}$ . Sedangkan Gambar 4.b) (katalis Fe/Zeolit 3,5%) diameter riil partikel tersebut adalah  $(2\text{cm} / 3\text{cm}) \times 0,5 \mu\text{m} = 3 \mu\text{m} = 300 \text{ nm}$ .

Dari hasil penelitian terdahulu dan perhitungan ukuran partikel diameter tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil CNT dengan katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit termasuk dalam tipe *Multi-walled Nanotube* (MWNT). Dalam penelitian ini terdapat variasi ukuran diameter tabung dari CNT yang dihasilkan. Hal ini diduga disebabkan oleh kurang meratanya temperatur di dalam furnace, sehingga terjadi perbedaan kemampuan tingkat temperature untuk memecah karbon-karbon dari campuran Co/Zeolit dan Fe/Zeolit dan Asetilene. Pada suhu 700-1000°C muncul ketidakseragaman ukuran tabung yang dihasilkan (Subagio dkk., 2009).

## 2. Perbandingan Jumlah Produk dan Diameter yang Dihasilkan dalam Pemilihan Jenis Katalis pada Proses Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD)

Pada penelitian ini dilakukan sintesis CNT dengan metode CCVD menggunakan gas asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) sebagai sumber karbon, katalis Co/Zeolit dan Fe/Zeolit sebagai variabel katalis dengan komposisi 3%W dan 3,5%W. Pada Tabel 2 di bawah ini di tunjukan hasil sintesis CNT melalui metode CCVD menggunakan gas asetilen dengan jenis katalis yang berbeda.

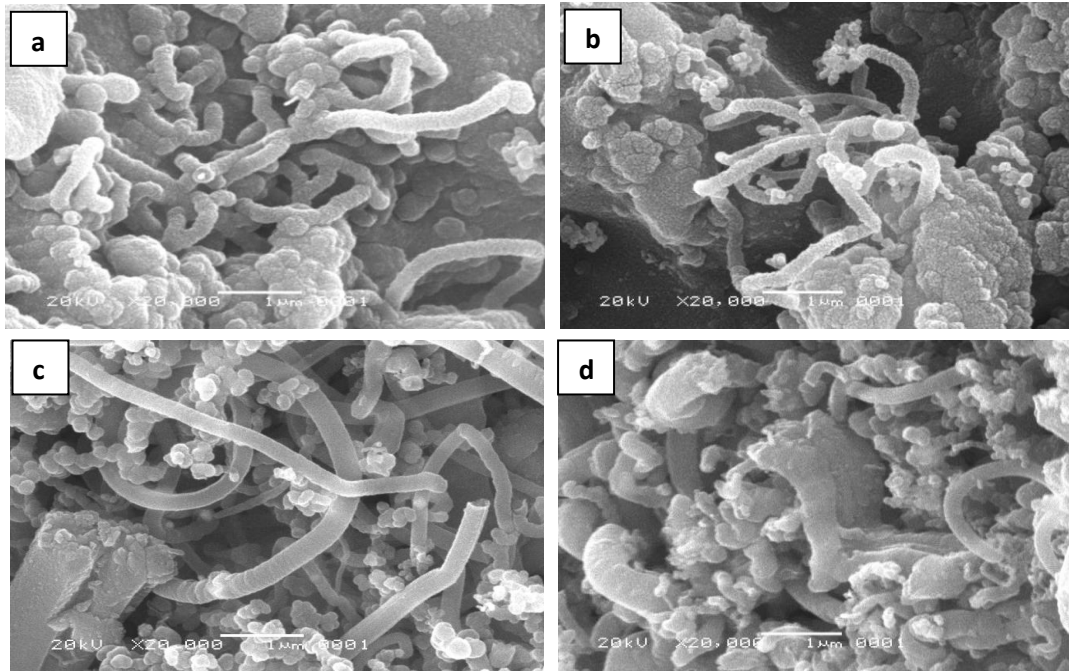
**Tabel 2.** Hasil sintesis CNT melalui metode CCVD menggunakan gas asetilen dengan jenis katalis yang berbeda

No.	Jenis Katalis	Berat Poduk	Tipe CNT	Ukuran Diameter
1.	Co/Zeolit 3%	1,14 gr	MWNT	210 nm
2.	Co/Zeolit 3,5%	0,9 gr	MWNT	225 nm
3.	Fe/Zeolit 3%	1,2 gr	MWNT	285 nm
4.	Fe/Zeolit 3,5%	1,02 gr	MWNT	300 nm

Pada dasarnya penelitian ini menggunakan katalis Co dan Fe karena senyawa tersebut merupakan logam transisi dimana dapat membentuk satu / lebih ion stabil yang punya kemampuan mengubah tingkat oksidasi, dapat mengadsorb substansi yang lain pada permukaan logam, dan dapat mengaktivasi substansi tersebut selama proses berlangsung. Katalis Co dan Fe inilah yang akan berperan sebagai awal mula membentuk struktur tubular pada nanotube karbon. Dari Tabel 2 hasil analisa CNT dengan membandingkan penggunaan Co/Zeolit dan Fe/Zeolit sebagai katalis dan *support* katalis dapat di lihat bahwa pada komposisi yang sama, katalis Fe/Zeolit lebih banyak menghasilkan produk CNT dibandingkan dengan katalis Co/Zeolit. Pada temperatur 700°C katalis Fe mempunyai spesifik energi permukaan yang tinggi sehingga lebih banyak menghasilkan produk CNT. Katalis Fe juga mempunyai sifat fleksibilitas yang luas tergantung kondisi dan lebih mudah pecah (Salim, 2003). Dengan sifat yang lebih mudah pecah, maka ketika di reaksikan dengan gas asetilen pada suhu tinggi, Fe akan lebih mudah bereaksi dan lebih banyak menghasilkan CNT.

Selain katalis utama, komposisi *support* katalis juga berpengaruh dalam besar kecilnya hasil produk CNT. Dapat dilihat bahwa pada komposisi *support* katalis yang besar maka jumlah hasil CNT yang didapatkan akan besar pula. Zeolit sebagai *support* katalis juga mempunyai kemampuan untuk mengadsorb gas asetilen (*carbon feedstock*) pada temperatur tinggi dimana rongga-rongga molekulnya mempunyai gugus aktif di dalam saluran antar kristal sehingga baik untuk *support* katalis. Ketika komposisi Zeolit diperbesar, gugus aktif-pun semakin banyak, maka luas permukaan untuk tempat menempelnya CNT akan lebih besar. Besarnya karbon yang dapat diikat oleh *support*

katalis inilah yang mempengaruhi hasil sintesis CNT dengan metode CCVD. Foto SEM CNT dalam berbagai jenis katalis dapat ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Hasil Foto SEM CNT perbesaran 20.000x dengan a) katalis Co/Zeilite 3% b) katalis Co/Zeilite 3,5% c) katalis Fe/Zeilite 3% d) katalis Fe/Zeilite 3,5%

Dari Gambar 5, hasil analisa SEM menggunakan jenis katalis yang berbeda merupakan peranan penting dalam penumbuhan *carbon nanotube*. Terukur pada Gambar a dengan diameter 210 nm, Gambar b dengan diameter 225 nm, Gambar c dengan diameter 285 nm, serta Gambar d dengan diameter 300 nm. Diameter karbon nanotube yang terbentuk ada pada kisaran angka relatif besar yang merupakan gambaran dari adanya penggabungan dinding yang terbentuk menjadi satu. Ukuran partikel katalis sangat berpengaruh pada diameter nanotube karbon yang terbentuk. Semakin besar penambahan komposisi atau konsentrasi katalis, maka diameter *carbon nanotube* akan semakin besar pula. Penambahan konsentrasi katalis mempengaruhi perubahan struktur dan diameter CNT (Noor, 2009). Diketahui pada komposisi yang sama, katalis Fe/Zeilite menghasilkan diameter karbon yang paling besar dibanding dengan katalis Co/Zeilite. Hal ini dikarenakan karena sifat katalis Fe yang mempunyai active sites yang lebih besar dalam proses dekomposisi karbon dan lebih mudah terurai, sehingga ketika ditambah dengan *support* katalis Zeolit yang juga mempunyai gugus-gugus aktif pada molekulnya maka diameter karbon nanotube yang terbentuk besar.

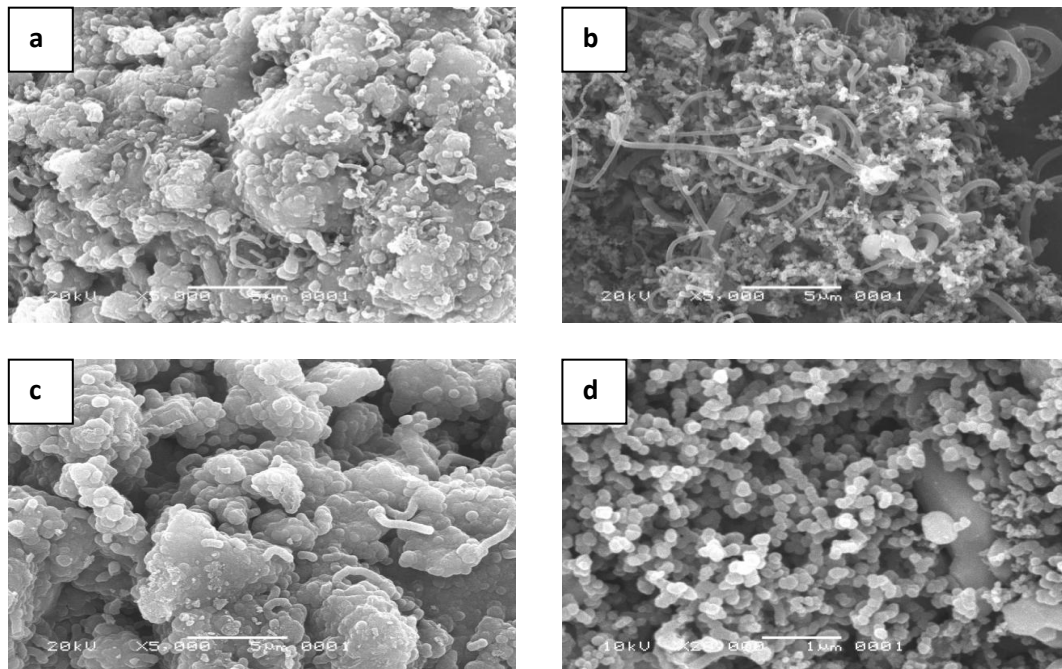
### 3. Pengaruh Kalsinasi dalam Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dari Gas Asetilen dengan Metode *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD)

Pada penelitian ini dilakukan sintesis CNT dengan metode CCVD menggunakan gas asetilen ( $C_2H_2$ ) sebagai sumber karbon, katalis Co/Zeilite dan Fe/Zeilite sebagai variabel katalis sebesar 3%W dengan perbedaan variabel kalsinasi dan tanpa kalsinasi. Pada Tabel 3 di bawah ini di tunjukan hasil sintesis CNT melalui metode CCVD menggunakan gas asetilen dengan perlakuan yang berbeda pada jenis katalis.

**Tabel 3.** Hasil sintesis CNT dengan katalis kalsinasi dan katalis tanpa kalsinasi

No.	Jenis Katalis	Berat Produk	Tipe CNT	Ukuran Diameter
1.	Co/Zeorlit 3% (kalsinasi)	1,14 gr	MWNT	210 nm
2.	Fe/Zeorlit 3% (kalsinasi)	1,2 gr	MWNT	285 nm
3.	Co/Zeorlit 3% (tanpa kalsinasi)	0,68 gr	MWNT	Tidak terbentuk
4.	Fe/Zeorlit 3% (tanpa kalsinasi)	0,73 gr	MWNT	Tidak terbentuk

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil sintesis CNT dengan menggunakan katalis yang terkalsinasi dan katalis tanpa kalsinasi. Perbedaan perlakuan ini akan memberikan pengaruh yang berbeda pada proses pertumbuhan CNT. Pada katalis yang terkalsinasi akan terbentuk CNT dengan tipe yang sama yaitu MWNT, sedangkan pada katalis tanpa kalsinasi tidak terbentuk CNT. Dimana, kalsinasi katalis merupakan salah satu parameter penting pada preparasi katalis. Kalsinasi mempengaruhi struktur dan sifat katalis yang berhubungan dengan aktifitas katalitik. Berikut ini Gambar 6 merupakan perbedaan hasil foto SEM katalis Co/Zeorlit dan Fe/Zeorlit terkalsinasi dengan Co/Zeorlit dan Fe/Zeorlit tidak terkalsinasi.



**Gambar 6.** Hasil foto SEM CNT perbesaran 5000x pada a) katalis Co/Zeorlit 3% terkalsinasi b) katalis Fe/Zeorlit 3% terkalsinasi c) katalis Co/Zeorlit 3% tanpa kalsinasi d) katalis Fe/Zeorlit 3% tanpa kalsinasi

Pada gambar hasil analisa SEM 6.a) dan 6.b) menunjukkan bahwa sintesis CNT dengan menggunakan katalis yang terkalsinasi akan terlihat struktur pipa-pipa tubular yang menandai terbentuknya CNT. Sedangkan pada Gambar 6.c) dan Gambar 6.d) menunjukkan bahwa sintesis dengan katalis tanpa kalsinasi tidak terbentuk CNT yang dapat diketahui dengan tidak terbentuknya struktur pipa - pipa tubular. Kalsinasi pada katalis menjadi sangat penting untuk meningkatkan luas permukaan efektifnya sehingga aktivitas katalis akan meningkat.. Adanya kalsinasi dapat menghilangkan air yang terjebak dalam pori katalis, perubahan distribusi ukuran pori, timbulnya situs aktif pada katalis, dan pengkondisian permukaan katalis. Kalsinasi akan meningkatkan situs aktif pada katalis, sehingga probabilitas reaktan berinteraksi dengan permukaan katalis juga semakin meningkat. Hal ini akan mempengaruhi proses sintesis dapat berjalan dengan optimal. Katalis tanpa kalsinasi tidak memiliki situs aktif pada

komponen yang dimilikinya (kemungkinan situs aktif yang dimiliki hanya sedikit). Dimana, pada saat proses sintesis, katalis tanpa kalsinasi dimungkinkan akan terjadi proses sintering akibat berkumpulnya partikel-partikel logam secara kompak yang membentuk gumpalan-gumpalan pada permukaan pori pengemban, sehingga menutup sebagian pori dan sisi aktif katalis. Hal ini menyebabkan luas permukaan efektifnya menjadi menurun, sehingga situs aktif pada permukaan katalis akan semakin sedikit (Wardhani, 2008). Oleh karena itu, katalis tidak dapat bekerja dengan baik dan optimal yang mengakibatkan tidak terbentuknya CNT.

## 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. Sintesis *Carbon Nanotube* (CNT) dengan konsentrasi komponen aktif 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. Namun, berat produk yang dihasilkan semakin sedikit. Penggunaan katalis Co/Zeolit dan katalis Fe/Zeolit memberikan pengaruh yang berbeda pada sintesis *Carbon Nanotube* (CNT), dimana pada *Carbon Nanotube* (CNT) yang menggunakan katalis Fe/Zeolit mempunyai diameter yang lebih besar daripada *Carbon Nanotube* (CNT) yang menggunakan katalis Co/Zeolit dengan tipe *Carbon Nanotube* (CNT) yang dihasilkan adalah *Multi-walled Nanotube* (MWNT). Dan adanya perbedaan perlakuan kalsinasi dengan tanpa kalsinasi saat preparasi katalis juga mempengaruhi terbentuk atau tidaknya *Carbon Nanotube* (CNT). Proses purifikasi perlu dilakukan agar diperoleh *Carbon Nanotube* (CNT) dengan kualitas yang baik bebas dari impuritas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Iijima, S. (1991). Helical Microtubes of Graphitic Carbon. *Nature*, 354 : 56 – 58.
- Iijima S. and Ichihashi T. (1993). Single-shell carbon nanotubes 1-nm diameter. *Nature*, 363: 603.
- Mikrajuddin, A., Sukirno, Khairurrijal, Fatimah A. Noor, Lizi L. Zaenufar, dan Yulkifli. (2009). Kajian Pembuatan Nanotube Karbon dengan Menggunakan Metode Spray Pyrolysis. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, Vol. 2, No. 1
- Nur, A. (2009). Karbon *Nanotube* Dari Limbah Cair Pabrik Alkohol Dengan Metode *Chemical Vapor Deposition*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.
- Salim, A. (2003). Analisa Teknik Kilang *Gas To Liquids* (GTL) untuk Pengembangan Lapangan Gas.
- Subagio, A., Pardoyo, Ngurah A. K., V. Gunawan, Sony, dan Rowi. (2009). Studi Temperatur Penumbuhan Carbon Nanotubes (CNT) yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spray Pyrolysis. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, Vol. 2 No. 1.
- Wardhani, S. (2008). Studi Pengaruh Konsentrasi Zn(II) Pada Preparasi Katalis Zeolit-ZnO Terhadap Oksidasi Fenol. Jurusan Kimia, FMIPA. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wang, T. and Biben Wang. (2006). Study On Structure Change of Carbon Nanotubes Depending On Different Reaction Gases, *Applied Surface Science* 253: 1606–1610.
- Zaretskiy, S. N., Young-Kyu H., Dong H., Ji-Hyun Y., Jinwoo C., and Ja-Yong K. (2003). Growth of carbon nanotubes from Co nanoparticles and C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> by thermal chemical vapor deposition, *Chemical Physics Letters* 372 : 300–305.
- Zheng, B., Y. Li, and J. Liu. (2002). CVD Synthesis and Purification of Single-walled Carbon Nanotubes On Aerogel-Supported Catalyst, *Appl. Phys. A* 74 : 345–348.