



# SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI MINYAK GORENG KELAPA SAWIT DENGAN METODE *NEBULIZED SPRAY PYROLYSIS*

## Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar  
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh :

**Windy Wilianti (2011620027)**

**Nicolas Orlando (2013620034)**

Pembimbing :

**Arenst Andreas, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D**

**Hans Kristianto, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**

No. Kode	: TK-WIL 5/17-2017
Tanggal	: 22 Februari 2017
No. Ind.	: 4223-FTI/SKP.33400
Dialok	:
Madiah / Isih	:
Dari	: FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI MINYAK GORENG KELAPA SAWIT DENGAN METODE *NEBULIZED SPRAY PYROLYSIS***

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 18 Januari 2017

Pembimbing Utama

Arenst Andreas, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D

Pembimbing Kedua

Hans Kristianto, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



### SURAT PERNYATAAN

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Windy Wilianti

NRP : 6211027

Nama : Nicolas Orlando

NRP : 6213034

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

#### **SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI MINYAK GORENG KELAPA SAWIT DENGAN METODE *NEBULIZED SPRAY PYROLYSIS***

adalah hasil pekerjaan kami, dan seluruh ide, pendapat, materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 18 Januari 2017

Nicolas Orlando  
(6213034)

Windy Wilianti  
(6211027)



## LEMBAR REVISI

JUDUL : **SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI MINYAK GORENG KELAPA SAWIT DENGAN METODE *NEBULIZED SPRAY PYROLYSIS***

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 18 Januari 2017

Dosen Penguji I

Dr. Judy Retti W, Ir., M.App.Sc.

Dosen Penguji II

Kevin C. Wanta, S.T., M.Eng.





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulisan penelitian dengan judul “Sintesis Material Karbon Nano dari Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Metode *Nebulized Spray Pyrolysis*” dapat diselesaikan dengan baik. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat pendidikan sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Selama proses penyusunan laporan penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan dukungan dan ilmu pengetahuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Arenst Andreas, ST., SSI., MSc., Ph.D dan Hans Kristianto, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, saran, dan waktu selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Hary Devianto, Ph.D dan Reza Hendriansyah yang telah membantu dalam proses analisa *cyclic voltametry (CV)*.
3. Dr. Judy Retti W, Ir., M.App.Sc. dan Kevin C. Wanta, S.T., M.Eng. yang telah berkenan menjadi dosen penguji dan telah memberikan masukan terhadap laporan penelitian in
4. Orang tua dan keluarga atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
5. Teman-teman yang telah memberikan semangat dan dukungan.
6. Semua pihak yang telah turut membantu dalam penyusunan laporan penelitian baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari jika laporan penelitian ini masih jauh dari. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga dapat menjadi bekal, masukan, dan bahan pertimbangan. Penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 18 Januari 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

COVER DALAM .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian .....	4
1.3 Identifikasi Masalah Penelitian .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Premis.....	5
1.6 Hipotesis.....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 Karbon.....	7
2.1.1 Diamond.....	7
2.1.2 Karbon amorf .....	8
2.1.3 Grafit.....	9
2.1.4 Fullerene.....	9
2.2 Material karbon nano .....	10
2.2.1 Carbon Nanospheres (CNS) .....	11
2.2.3 Carbon Nanohorn (CNH).....	13
2.2.4 Carbon Nanowires .....	13
2.2.5 Carbon Nanotubes (CNT) .....	14
2.3 Metode sintesis .....	16
2.3.1 Arc discharge.....	16

2.3.2	Lasar ablation .....	17
2.3.3	Chemical Vapor Deposition (CVD) .....	18
2.3.4	Nebulized spray pyrolysis .....	19
2.4	Sumber Karbon.....	23
2.5	Katalis .....	23
2.6	Superkapasitor Berbasis Karbon Nano .....	26
2.7	Metode Analisis .....	29
2.7.1	Scanning Electron Microscopy (SEM) .....	30
2.7.2	Transmission Electron Microscopy (TEM) .....	32
2.7.3	Raman Spektroskopi .....	33
2.7.4	X-ray Diffraction (XRD) .....	34
2.7.5	Analisis Elektrokimia.....	35
2.8	Studi yang Telah Dilakukan.....	35
BAB III BAHAN DAN METODE.....		39
3.1	Gambaran Umum Penelitian .....	39
3.2	Alat dan bahan.....	39
3.2.1	Bahan .....	39
3.2.2	Alat.....	40
3.3	Rangkaian alat percobaan.....	40
3.4	Prosedur percobaan.....	41
3.4.1	Pembuatan larutan prekursor.....	41
3.4.2	Proses sintesis material karbon nano .....	41
3.4.3	Proses pembuatan sel elektroda.....	43
3.5	Tabel variasi percobaan.....	45
3.6	Metode analisis .....	45
3.7	Lokasi dan rencana kerja penelitian.....	45
BAB IV PEMBAHASAN .....		47
4.1	Variasi temperatur.....	47
4.1.1	Analisis XRD variasi temperatur.....	48
4.1.2	Analisa SEM variasi temperatur.....	50
4.1.3	Analisa EDS variasi temperatur .....	52
4.2	Variasi konsentrasi katalis.....	53
4.2.1	Analisa SEM variasi konsentrasi katalis .....	55

4.2.2	Analisa EDS variasi konsentrasi katalis .....	58
4.3.	Analisa CV .....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2.	Saran .....	64
LAMPIRAN A <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i> .....		71
A.1	Ferrocene.....	71
A.1.1	Sifat fisik dan sifat kimia .....	71
A.1.2	Identifikasi bahaya.....	71
A.1.3	Pertolongan pertama .....	71
A.1.4	Penyimpanan bahan .....	72
A.2	Heksana.....	72
A.2.1	Sifat fisik dan sifat kimia .....	72
A.2.2	Identifikasi bahaya.....	72
A.2.3	Pertolongan pertama .....	72
A.2.4	Penyimpanan bahan .....	73
A.3	Minyak goreng ( <i>Palm oil</i> ) .....	73
A.3.1	Sifat fisik dan sifat kimia .....	73
A.3.2	Identifikasi bahaya.....	73
A.3.3	Pertolongan pertama .....	73
A.3.4	Penyimpanan bahan .....	74
A.4	Gas nitrogen .....	74
A.4.1	Sifat fisik dan sifat kimia .....	74
A.4.2	Identifikasi bahaya.....	74
A.4.3	Pertolongan pertama .....	74
A.4.4	Penyimpanan bahan .....	74
LAMPIRAN B.....		75
B.1.	Pembuatan Larutan Prekursor .....	75
B.2.	Sintesis Karbon nano .....	75
LAMPIRAN C.....		76
C.1.	Hasil Analisis XRD .....	76
C.2.	Hasil Analisis SEM.....	76
C.3.	Hasil analisis EDS .....	77



C.4. Hasil Analisis CV .....	78
C.4.1 CNT, 850°C, 0.015 g/ml .....	78
C.4.2 CNT, 850°C, 0.020 g/ml .....	79
C.4.2 CNT, 850°C, 0.025 g/ml .....	80



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>diamond</i> .....	7
Gambar 2.2 Struktur karbon amorf (kiri) ; Karbon aktif (kanan) .....	8
Gambar 2.3 Struktur grafit .....	9
Gambar 2.4 Struktur buckminster fullerene .....	10
Gambar 2.5 <i>Graphene</i> di bentuk menjadi <i>fullerene</i> , <i>carbon nanotube</i> , dan grafit .....	11
Gambar 2.6 a) <i>carbon onion</i> . b) <i>carbon nanospheres</i> . c) <i>carbon beads</i> .....	12
Gambar 2.7 Gabungan <i>spheres</i> .....	12
Gambar 2.8 CNH (atas) dan agregat dari CNH (bawah) .....	13
Gambar 2.9 Arah gulungan <i>graphene</i> membentuk CNT .....	14
Gambar 2.10 SWCNT dan MWCNT .....	16
Gambar 2.11 Rangkaian alat metode <i>arc discharge</i> .....	17
Gambar 2.12 Rangkaian alat <i>laser ablation</i> .....	18
Gambar 2.13 Rangkaian alat metode <i>chemical vapor deposition</i> .....	19
Gambar 2.14 Skema alat metode <i>nebulized spray pyrolysis</i> .....	20
Gambar 2.15 Skema proses <i>droplet</i> di dalam <i>furnace</i> .....	22
Gambar 2.16 Struktur molekul <i>ferrocene</i> .....	24
Gambar 2.17 Mekanisme <i>tip growth</i> .....	26
Gambar 2.18 Mekanisme <i>base growth</i> .....	26
Gambar 2.19 Tipe superkapasitor .....	28
Gambar 2.20 Ilustrasi sinyal yang dihasilkan oleh tembakan elektron pada spesimen .....	31
Gambar 2.21 Analisis dengan menggunakan <i>energy dispersive x-ray spectroscopy</i> .....	31
Gambar 2.22 (a) Hasil analisis foto SEM. (b) Hasil dari analisis SEM-EDS .....	32

Gambar 2.23 Hasil analisis TEM .....	32
Gambar 2.24 Perbedaan SEM dan TEM.....	33
Gambar 2.25 (a) Kurva CV untuk EDLC ; (b) Kurva CV pada keadaan ideal dengan berbagai kondisi kapasitor; (c) Kurva CV untuk CNT komersial.....	35
Gambar 3.1 Rangkaian alat yang digunakan saat percobaan	40
Gambar 3.2 Proses sintesis larutan prekursor.....	41
Gambar 3.3 Proses persiapan dan <i>start up</i> .....	42
Gambar 3.4 Proses pemisahan dan <i>shut down</i> .....	42
Gambar 3.5 Proses pembuatan sel elektroda.....	43
Gambar 3. 6 Susunan sel uji superkapasitor.....	44
Gambar 4. 1 Berat sampel percobaan variasi temperatur	47
Gambar 4.2 Hasil analisa XRD pada variasi temperatur .....	49
Gambar 4.3 Uji XRD Schnitzler.....	49
Gambar 4.4 Hasil analisa SEM perbesaran 40.000x pada konsentrasi katalis 0,025 gr/ml dan variasi temperatur : 700°C (A) ; 850°C (B) ; dan 900°C (C).....	51
Gambar 4.5 Diameter CNT pada temperatur 850°C (A) dan 900°C (B) .....	52
Gambar 4.6 Contoh analisa EDS pada sampel 700°C .....	53
Gambar 4. 7 Berat sampel percobaan variasi konsentrasi katalis.....	54
Gambar 4.8 Hasil analisis SEM 850°C perbesaran x20.000, konsentrasi katalis 0,015 g/ml (A); 0,020 g/ml (B); 0,025 g/ml (C).....	55
Gambar 4.9 Hasil analisis SEM 850°C perbesaran x40.000, konsentrasi katalis 0,015 g/ml (A); 0,020 g/ml (B); 0,025 g/ml (C).....	57
Gambar 4.10 Hasil analisis Mikrajuddin Abdullah, et al. Dengan konsentrasi katalis <i>ferrocene</i> : 0,75 %wt (a) dan 1,5 %wt (b) .....	57
Gambar 4.11 Hasil analisis EDS pada 850°C dan konsentrasi katalis 0,025 gr/ml .....	58
Gambar 4. 12 Grafik CV sampel 850 °C dengan konsentrasi katalis 0,015 gr/ml pada scan rate 2mV/s (A); 5mV/s (B); dan 10 mV/s (C) .....	59

Gambar 4. 13 Grafik CV sampel 850 °C dengan konsentrasi katalis 0,020 gr/ml pada scan rate 2mV/s (A); 5mV/s (B); dan 10 mV/s (C) .....	60
Gambar 4. 14 Grafik CV sampel 850 °C dengan konsentrasi katalis 0,025 gr/ml pada scan rate 2mV/s (A); 5mV/s (B); dan 10 mV/s (C) .....	61





## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Harga <i>multiwalled carbon nanotubes</i> berbagai diameter kemurnian > 90% .....	2
Tabel 1.2 Harga <i>singlewalled carbon nanotubes</i> berbagai diameter kemurnian > 90% .....	3
Tabel 2.1 Karakteristik <i>diamond</i> .....	8
Tabel 2.2 Sifat fisik dan kimia minyak kelapa sawit .....	23
Tabel 2.3 Perbandingan karakteristik baterai dan superkapasitor .....	29
Tabel 3. 1 Variasi percobaan .....	45
Tabel 3. 2 Jadwal kerja penelitian .....	46
Tabel 4. 1 Persen kristalinitas dan persen amorphous pada variasi temperatur.....	49
Tabel 4.2 Hasil analisa EDS pada variasi temperatur .....	53
Tabel 4. 3 Hasil analisa EDS pada temperatur 850°C dan konsentrasi katalis bervariasi ...	58
Tabel 4. 4 Kapasitansi sel dalam F/g sampel .....	63



## INTISARI

Material karbon nano merupakan material yang sedang berkembang dengan pesat. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang unik dan dapat diaplikasikan dalam berbagai hal seperti konduktivitas listrik dan konduktivitas termal yang baik serta bersifat kuat sehingga banyak dimanfaatkan sebagai elektroda pada baterai superkapasitor, bahan penguat pada komposit, serta bahan pada penyimpanan hidrogen. Disamping perkembangannya yang pesat, material karbon nano masih sulit didapatkan dengan harga yang murah karena sulitnya memproduksi material karbon nano secara massal. Pada penelitian ini material karbon nano akan disintesis dari minyak goreng baru dengan metode *nebulized spray pyrolysis*. Material karbon nano dideposisikan langsung pada dinding tabung/ reaktor stainless steel dengan dugaan hasil yang didapat bisa lebih banyak karena adanya pengaruh dari dinding reaktor yang berfungsi sebagai katalis. Dengan adanya metode ini, diharapkan dapat menjadi solusi dalam memproduksi karbon nano secara massal.

Pada penelitian ini material karbon nano disintesis menggunakan metode *nebulized spray pyrolysis* dari minyak kelapa sawit baru. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah *ferrocene* dengan konsentrasi 0,015 g/ml; 0,020 g/ml; dan 0,025 g/ml. Katalis tersebut dikontakan dengan karbon prekursor dengan metode *floating catalyst*. Gas pembawa yang digunakan pada penelitian ini adalah gas nitrogen dengan laju 1,21 sccm. Proses nebulisasi dilakukan selama 30 menit dengan temperatur operasi 650°C; 700°C; 750°C; 800°C; 850°C; dan 900°C. Pada penelitian ini material karbon nano disintesis dengan deposisi secara langsung pada dinding tabung/ reaktor stainless steel sehingga tidak perlu adanya substrat sebagai media pertumbuhan karbon nano. Material karbon nano yang telah berhasil tersintesis, dianalisis karakteristiknya dengan beberapa metode analisis antara lain SEM, EDS, XRD, dan CV. Analisis SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi dari sampel, analisis EDS bertujuan untuk mengetahui unsur yang terdapat pada sampel, analisis XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas dari sampel, dan analisa CV bertujuan untuk mengetahui kapasitansi dari sel. Material karbon nano yang dihasilkan juga akan ditimbang untuk diketahui berat sampel yang didapatkan.

Hasil analisa XRD pada percobaan variasi temperatur dan konsentrasi katalis sebesar 0,025 gr/ml menunjukkan bahwa pada setiap sampel muncul puncak C (002) dan C(100) dengan pada variasi temperatur 850°C, puncak C(002) yang dihasilkan memiliki intensitas yang paling tinggi. Dari hasil analisa SEM didapat bahwa pada temperatur 700°C dapat tersintesis CNS sedangkan pada temperatur 850°C dan 900°C dapat tersintesis CNS dan CNT dengan ukuran material karbon nano yang semakin kecil dengan meningkatnya temperatur operasi. Hasil analisa SEM pada percobaan variasi konsentrasi katalis dengan temperatur operasi optimum (850°C) menunjukkan bahwa pada setiap sampel dapat tersintesis CNT dengan ukuran diameter CNT yang semakin besar seiring dengan meningkatnya konsentrasi katalis *ferrocene*. Dapat diketahui pula pada analisa EDS bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan maka jumlah unsur Fe yang terdapat pada sampel yang dihasilkan semakin tinggi. Dari analisa CV didapat bahwa sampel pada temperatur 850°C konsentrasi katalis 0,020gr/ml serta scan rate 5 mV/s memiliki kapasitansi paling baik yaitu 25,06 F/g sampel.

Kata kunci : *carbon nanotube*, *nebulized spray pyrolysis*, katalis *ferrocene*, superkapasitor



## ABSTRACT

Nano carbon material has a unique properties and can be applied in several section so that nano carbon material is growing rapidly like a good thermal conductivity and electrical conductivity so widely used as a reinforcing material in composites, material in hydrogen storage, and an electrode in supercapacitor. Besides the rapid growth, nano carbon material is still difficult to obtained at a cheap price because of its difficult to synthesized in bulk scale. In this study, nano carbon materials will be synthesized from the cooking oil with nebulized spray pyrolysis. Nano carbon material will be deposited directly on the walls of the tube / stainless steel reactor with the alleged results obtained can be more due to the influence of the reactor walls that serve as catalysts. Given this method, it is expected to be a solution in producing carbon nano mass.

In this experiment, nano carbon material was synthesized with nebulized spray pyrolysis method using palm oil. The catalyst used in this study was ferrocene with a concentration of 0.015 g/ml; 0,020 g/ml; and 0.025 g/ml. The catalyst was contacted with carbon precursors using floating catalyst method. The carrier gas used in this study was nitrogen gas at a rate of 1.21 SCCM. Nebulized process was conducted for 30 minutes with an operating temperature of 650°C; 700°C; 750°C; 800°C; 850°C; and 900°C. In this study, nano carbon material was synthesized by deposition directly on the walls of the tube / stainless steel reactor so no need a substrate as a growth medium carbon nano. The characteristics of nano carbon material which have been synthesized was analyzed by several methods, such as SEM, EDS, XRD, and CV. SEM analysis aims to determine the morphology of the sample, EDS analysis aims to determine the elements contained in the sample, the XRD analysis aims to determine the crystallinity of the sample, and CV analysis aims to determine the capacitance of the cell. Nano carbon materials produced were weighed to know the weight of sample obtained

The XRD analysis results of 0.025 g/ml catalyst and all variations of temperature showed that in each sample appears the peak C (002) and C (100) where at temperature 850°C, peak C (002) has the highest intensity compare with other temperature. From the result of SEM analysis found that at temperature of 700°C could be synthesized CNS while at temperature of 850°C and 900°C could be synthesized CNS and CNT with the size of the nano carbon material that was getting smaller with increasing operating temperature. The results of SEM analysis on the catalyst concentration variation experiments with optimum operating temperature (850°C) showed that in each sample could be synthesized CNT with a diameter of CNT growing along with the increasing concentration of ferrocene catalyst. Can also be seen on EDS analysis, the effect of increasing catalyst concentration raised the amount of Fe as contaminant. CV analysis found that the samples at temperature 850°C, 0,020 gr/ml catalyst, and a scan rate of 5 mV/s had the most high capacitance (25.06 F/g sample).

Keywords : carbon nanotube, nebulized spray pyrolysis, catalyst ferrocene, supercapasitor





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tuntutan dan kebutuhan masyarakat khususnya di Indonesia dan ASEAN akan barang- barang elektronik semakin meningkat akhir- akhir ini. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya industri- industri elektronik yang melakukan ekspansi terus menerus agar dapat memenuhi peningkatan kebutuhan tersebut (Yulianto, 2005) . Seiring dengan hal tersebut, penelitian di bidang material karbon nano terus berkembang dengan pesat, sejak penemuan *fullerene* yang dilakukan oleh Curl, Kroto, dan Smalley pada tahun 1985. Penemuan *fullerene* mengakibatkan berkembangnya era material karbon nano, salah satunya adalah *carbon nanotubes* (CNT) yang masih menjadi bagian dari *fullerene* pada tahun 1991 oleh Ijima (Dichiara, 2012) (Nieto-Marquez et al., 2010). Material karbon nano dapat dikelompokkan menjadi struktur nol dimensi (*fullerene, nanodiamond, onion-like carbon*), dimensi satu (*nanorod, nanowires, nanofibers, carbon nanotubes*), dimensi dua (*graphene, carbon nanowalls*), dan dimensi tiga (*bulk material dengan blok bangunan skala nano*) (Mostofizadeh et al., 2011) (Cao & Limmer, 2004).

Perkembangan di bidang material karbon nano ini tentunya menarik perhatian industri- industri elektronika. Hal ini disebabkan karena material karbon nano memiliki sifat konduktivitas listrik yang baik, konduktivitas termal yang baik, dan merupakan material yang kuat dan bersifat stabil (Dresselhaus et al., 2001). Salah satu aplikasi dari penggunaan material karbon nano yang paling sering dilakukan adalah sebagai elektroda pada baterai superkapasitor (Prasek et al., 2011). Selain itu, material karbon nano juga banyak diaplikasikan sebagai bahan penguat pada komposit dan sebagai bahan untuk penyimpanan hidrogen (Prasek et al., 2011).

Jenis karbon nano yang menarik perhatian para peneliti di dunia hingga saat ini adalah CNT. CNT memiliki keunikan pada sifat elektrik, termal, magnetik, dan mekanik yang dapat diaplikasikan di berbagai area penting seperti bahan komposit, penyimpanan energi dan konversi, sensor kimia, *medical delivery*, perangkat emisi lapangan, *catalyst support*, dan komponen elektronik nano (Paradise & Goswami, 2006). CNT diklasifikasikan menjadi *Single-walled carbon nanotubes* (SWCNT) dan *multiwalled*



*carbon nanotubes* (MWCNT) berdasarkan jumlah lembaran *graphene* (Kruger, 2010). Tiga metode utama dalam pembuatan CNT yaitu *arc discharge*, *laser ablation*, dan *chemical vapor deposition* (CVD) (Dai, 2002). SWCNT maupun MWCNT dapat dibuat dari ketiga metode tersebut (Kruger, 2010). Pada saat ini lebih dari 94% produsen CNT menggunakan metode CVD untuk memproduksi MWCNT (Donaldson et al., 2012). Karakteristik CNT yang dihasilkan sangat bergantung pada metode pembuatan, kondisi operasi, *carbon precursor*, dan jenis katalis yang digunakan. Metode pembuatan akan berpengaruh pada kemurnian dan perolehan karbon nano (Yan et al., 2015), kondisi operasi seperti temperatur akan berpengaruh pada jenis CNT yang dihasilkan (*single wall carbon nanotubes* atau *multi walled carbon nanotubes*), sedangkan struktur dari *carbon precursor* dapat memberi pengaruh terhadap morfologi CNT yang dihasilkan seperti hidrokarbon linier memproduksi CNT lurus dan berongga dan hidrokarbon siklik memproduksi CNT yang melengkung/ bungkuk (Siva & Kumar, 2011). Jenis katalis dari katalis golongan logam transisi (Fe, Co, Ni) memiliki gaya adesi yang kuat dengan CNT yang tumbuh dan efisien membentuk diameter yang kecil, sedangkan golongan *solidorganometallocene* (*ferrocene*, *cobaltocene*, *nickelocene*) memiliki kelebihan mendekomposisi hidrokarbon dengan lebih efisien (Siva & Kumar, 2011).

Penggunaan material karbon nano dalam dunia industri masih memiliki kendala dari segi harga yang cenderung tinggi (Yulianto, 2005). Harga dari material karbon nano disajikan pada tabel 1.1 dan tabel 1.2.

**Tabel 1.1** Harga *multiwalled carbon nanotubes* berbagai diameter dengan kemurnian > 90% (anonim, 2013)

Cat. No.	Deskripsi produk	Harga/USD
CNTM5	Carbon nanotubes, multiwalled, diameter <8 $\mu$ m, length 10~20 $\mu$ m	\$ 185/5g
CNTM15	Carbon nanotubes, multiwalled, diameter 10~15 $\mu$ m, length 10~20 $\mu$ m	\$ 185/5g
CNTM30	Carbon nanotubes, multiwalled, diameter 20~30 $\mu$ m, length 10~20 $\mu$ m	\$ 185/g
CNTM40	Carbon nanotubes, multiwalled, diameter 30~40 $\mu$ m, length 10~20 $\mu$ m	\$ 185/g
CNTM60	Carbon nanotubes, multiwalled, diameter 50~60 $\mu$ m, length 10~20 $\mu$ m	\$ 185/g

**Tabel 1.2** Harga *singlewalled carbon nanotubes* berbagai diameter dengan kemurnian > 90% (anonim, 2013)

Cat. No	Deskripsi Produk	Harga/USD
		1 g
CNTS01	Carbon Nanotubes, single walled, SWNTs	\$ 250
	Surface Functionalized Single Walled Carbon Nanotubes	100 mg
CNTS-CA-1	Single walled carbon nanotubes, carboxylic acid function, SWNT-COOH	\$280
CNTS-AM-1	Single walled carbon nanotubes, amine function, SWNT-NH <sub>2</sub>	\$280
CNTS-OH-1	Single walled carbon nanotubes, hydroxyl function, SWNT-OH	\$280
CNTS-TH-1	Single walled carbon nanotubes, thiol function, SWNT-SH	\$280
CNTS-PG-1	Single walled carbon nanotubes, PEG function, SWNT-PEG	\$280

Mahalnya harga material karbon nano ini dikarenakan masih sulitnya mensintesis material karbon nano secara massal (Yuliarto, 2005) (kemurnian yang didapatkan berbeda karena bergantung pada metode pembuatan (Yan et al., 2015) dan jenis sumber hidrokarbon yang dipakai (turunan minyak bumi dan biomassa)). Metode pembuatan *arc discharge* dan *laser ablation* hanya dapat digunakan untuk mensintesis karbon nano dalam skala yang relatif kecil (Thostenson et al., 2001) sedangkan pada metode *chemical vapor deposition* sumber karbon yang digunakan biasanya berupa gas *toxic* sehingga kurang aman untuk digunakan (Rahman & Mahmood, 2013).

Salah satu metode yang bisa menjadi alternatif dalam mensintesis material karbon nano adalah metode *nebulized spray pyrolysis* (NSP). Pemilihan metode NSP pada penelitian kali ini dikarenakan metode NSP merupakan salah satu metode yang aman digunakan karena beroperasi pada temperatur yang relatif rendah dan pada tekanan atmosferik (Abdullah et al., 2004). Pada metode ini, proses dapat berlangsung secara kontinu sehingga dapat di *scale up*. Selain itu, proses sintesis material karbon nano mudah untuk dikendalikan karena rangkaian alat yang digunakan sederhana, dan hasil material karbon nano yang didapatkan memiliki kemurnian yang cukup tinggi (Suslick & Kenneth, 2010). Penelitian serupa sudah pernah dilakukan sebelumnya. Pada tahun 2015, penelitian yang dilakukan oleh Ongky Wijaya berhasil mensintesis CNS dari *kerosene* menggunakan metode *nebulized spray pyrolysis* dengan substrat karbon aktif dan katalis *ferrocene*

(Wijaya, 2015). Pada tahun 2016, penelitian serupa juga dilakukan oleh Inez Devina Konstantia. Pada penelitian tersebut berhasil tersintesis CNS dari *turpentine oil* dengan menggunakan substrat karbon aktif dan katalis *ferrocene* (Arie & Konstantia, 2016). Selain itu Mikrajuddin Abdullah dkk juga telah berhasil memproduksi CNT dengan metode ini menggunakan etanol dan katalis *ferrocene* (Abdullah et al., 2004).

Pada proses sintesis material karbon nano, sumber karbon yang umum digunakan merupakan hidrokarbon rantai rendah seperti metana, etana, dan senyawa alkohol alifatik (etanol, metanol, propanol, atau butanol) (Ordoñez-Casanova et al., 2013) dimana senyawa- senyawa tersebut merupakan senyawa yang tidak dapat diperbaharui. Hal ini tentunya berdampak pada ketersediaan bahan baku dalam mensintesis material karbon nano. Oleh sebab itu, pada penelitian ini digunakan minyak kelapa sawit sebagai sumber karbon. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu senyawa rantai karbon panjang yang mudah didapatkan. Selain itu, minyak kelapa sawit juga bersifat *renewable* atau dapat diperbaharui.

Pada penelitian ini, material karbon nano disintesis dengan metode NSP dengan deposisi langsung menggunakan sumber karbon berupa minyak kelapa sawit dan katalis berupa *ferrocene*. Berbeda dari penelitian-penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya, pada penelitian ini material karbon nano disintesis dari minyak kelapa sawit dengan cara deposisi langsung menggunakan katalis *ferrocene*. Material karbon nano langsung ditumbuhkan pada dinding tabung/ reaktor *stainless steel*. Metode sintesis material karbon nano yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan mampu menjawab permasalahan dalam mensintesis material karbon nano.

## 1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Belum banyaknya penelitian mengenai sintesis material karbon nano menggunakan metode *nebulized spray pyrolysis* dari minyak kelapa sawit dengan katalis *ferrocene* dan deposisi secara langsung. Hal tersebut ditunjukkan dari masih minimnya publikasi dan informasi mengenai penelitian ini. Pada penelitian ini, hasil yang terbentuk dianalisis untuk mengetahui pengaruh variabel percobaan terhadap jumlah dan karakteristik yang meliputi bentuk morfologi, kristalinitas, unsur- unsur yang terkandung dalam sampel, serta kapasitansi dari sel.

### 1.3 Identifikasi Masalah Penelitian

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis *ferrocene* dan temperatur terhadap material karbon nano yang dihasilkan?
2. Bagaimana karakteristik fisika, kimia, dan elektrokimia dari material karbon nano yang dihasilkan khususnya menunjang potensi penggunaannya sebagai elektroda pada superkapasitor?

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh temperatur dari proses sintesis material karbon nano dengan metode *nebulized spray pyrolysis* dengan katalis *ferrocene* dan deposisi secara langsung terhadap jumlah dan karakteristik sampel.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi katalis *ferrocene* dari proses sintesis material karbon nano dengan metode *nebulized spray pyrolysis* dan deposisi secara langsung terhadap jumlah dan karakteristik sampel.
3. Mempelajari karakteristik fisika, kimia, dan elektrokimia dari material karbon nano yang dihasilkan dan potensinya sebagai elektroda dalam superkapasitor.

### 1.5 Premis

1. Temperatur operasi yang digunakan dalam proses sintesis material karbon nano adalah 500°C-900°C (Abdullah et al., 2004) (Afre et al., 2006).
2. Konsentrasi katalis *ferrocene* yang digunakan dalam proses sintesis material karbon nano adalah 0,0075 g/ml; 0,015 g/ml ; 0,020 g/ml ; dan 0,025 g/ml (Abdullah et al., 2004) (Arie & Konstantia, 2016).
3. Waktu operasi yang dapat digunakan dalam penelitian untuk mensintesis material karbon nano adalah 15 – 60 menit (Abdullah et al., 2004) (Arie & Konstantia, 2016) (Arie et al., 2015) (Sadeghian, 2009).
4. Laju alir gas nitrogen sebagai gas inert yang dapat digunakan untuk mensintesis material karbon nano adalah 100 – 1000 ml/min (Afre et al., 2006) (Sadeghian, 2009) (Yun-quan, 2010).

### 1.6 Hipotesis

1. Temperatur operasi dan konsentrasi katalis yang digunakan dalam percobaan mempengaruhi karakteristik material karbon nano dan jumlah yang dihasilkan.
2. Sampel yang dihasilkan memiliki potensi untuk digunakan sebagai elektroda pada superkapasitor.



## **1.7 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dan dampak baik bagi peneliti maupun bagi masyarakat luas, seperti:

### **1.7.1 Bagi Peneliti**

- a. Mampu mengetahui proses sintesis material karbon nanodengan metode *nebulized spray pyrolysis* dari minyak goreng kelapa sawit.
- b. Mampu mengetahui pengaruh dari variabel- variabel proses seperti temperatur proses, laju alir gas inert, dan konsentrasi katalis terhadap material karbon nanoyang dihasilkan
- c. Mampu mengetahui proses analisis karakteristik material karbon nanodengan metode SEM, EDS, raman, dan XRD.

### **1.7.2 Bagi Dunia Industri**

- a. Bagi industri elektronika, material karbon nanodapat menjadi salah satu material elektronik yang bermanfaat dan berdampak pada perkembangan industri elektronika.

### **1.7.3 Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**

- a. Mampu memberikan alternatif metode dalam mensintesis material karbon nanoyang efektif dan efisien.