

**PENGARUH VARIASI WAKTU *PIROLISIS*
TERHADAP MORFOLOGI CNT (*CARBON NANOTUBE*)
BERBASIS KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Diajukan oleh
Sismiranda Putri Asmarani
13620033

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2018**



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor :B-180 /Un.02/DST/PP.05.3/05/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Variasi Waktu *Pirolisis* Terhadap Morfologi CNT
(*Carbon Nanotube*) Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Sismiranda Putri Asmarani
NIM : 13620033
Telah dimunaqasyahkan pada : 09 Mei 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si, M.Sc.
NIP.19841110 201101 2 017

Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP.19811111 201101 007

Penguji II

Dr.Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
NIP. 19771025 200501 1 004

Yogyakarta, 09 Mei 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Murtoto, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munasqsyah

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Sismiranda Putri Asmarani

NIM : 13620033

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Waktu Pirolisis Terhadap Morfologi CNT (*Carbon Nanotube*)
Berdasarkan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Fisika

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 25 April 2018

Pembimbing

Asih Melati, S.Si., M.Sc.

NIP. 19841110 201101 2 017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sismiranda Putri Asmarani

NIM : 13620033

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: Pengaruh Variasi Waktu Pirolisis Terhadap Morfologi CNT (*Carbon Nanotube*) Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kelapa adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata penulisan yang lazim.

Yogyakarta, 25 April 2018

Yang menyatakan



Sismiranda Putri Asmarani
NIM : 13620033

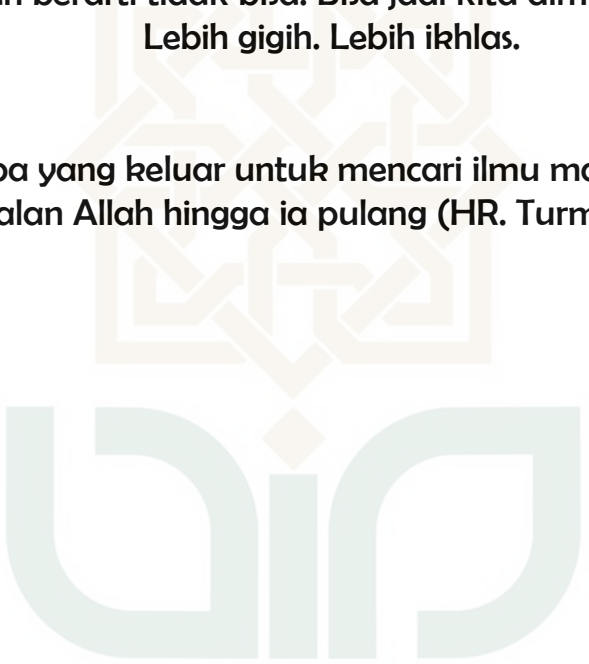
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Yang terpenting adalah bagaimana usahamu hari ini. Urusan besok sudah bukan ranahmu lagi

Susah bukan berarti tidak bisa. Pelan-pelan. Dusahain. Sebisanya. Sebaik-baiknya. Hasil akhir, Allah yang tentukan. susah bukan berarti tidak bisa. Bisa jadi kita diminta lebih sabar. Lebih gigih. Lebih ikhlas.

Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang (HR. Turmudzi)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan salah satu karya terbesar ini untuk :

- + Kedua orang tua yang sangat saya cintai Ibuk Miratin dan Bapak Adi Tego Siswanto
- + Simbah yang sangat saya sayangi Mbah Muryati, Mbah Milan, Mbah Man dan Mbah Bibit
- + Keluarga besar Pakdhe Heri Susanto di Boyolali
- + Keluarga besar Budhe Tatik di Malang
- + Keluarga besar Budhe Endang di Banjar
- + Study Club Fisika Material
- + Keluarga Fisika 2013
- + Almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- + Kejayaan umat, bangsa dan negara Indonesia

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur selalu dipanjatkan kepada Allah SWT, karena atas karunia dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Pengaruh Variasi Waktu Pyrolysis Terhadap Morfologi CNT (Carbon Nanotube) Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kelapa*” ini dengan baik dan lancar. Tak lupa *shalawat* serta salam tetap tercurahkan kepada nabi kita nabi agung Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman *jahiliyah*, zaman kegelapan menuju ke zaman yang terang benderang, zaman yang penuh dengan ilmu.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk komitmen dari penulis sebagai mahasiswa program studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta mendapatkan gelar sarjana. Penulis menyadari bahwa dalam melaksanakan dan menyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Adi Tego Siswanto dan Ibuk Miratin yang selalu memberikan semangat, motivasi serta doa-doa yang selalu mengalir tanpa henti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi pada waktu yang tepat,
2. Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si., selaku ketua Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga,
3. Asih Melati, M.Sc., selaku pembimbing yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan banyak ilmunya, serta telah memberikan motivasi kepada penulis,
4. Frida Agung Rakhmadi, S.Si, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan,
5. Seluruh dosen Fisika UIN Sunan Kalijaga, yang telah memberikan bimbingan serta ilmunya,
6. Bapak Sangudi yang telah memberikan izin melakukan penelitian di Laboratorium Pasca Sarjana UGM,

7. Bapak Wijayanto selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah membantu selama pengambilan data,
8. Bapak Didik Krisdianto, M.Si., selaku penguji,
9. Adik-adik penulis Agi, Zaki, Bara, Bayu dan Ahmad yang selalu menghibur penulis dikala penat menghampiri,
10. Fitrah Nur Rochmat yang memberi semangat serta dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir,
11. Ayya, Opang, Andi, Irsyad, Farros, Mas Habibi, Mas Fauzi, Mbak Sasti, Mas Agung, dan rekan-rekan yang lain yang senantiasa membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu,
12. Ingggrid Nungkat dan Abdullah Hanif yang selalu memberi dukungan moral bagi penulis,
13. Mbak Ida, Tantri, Khodijah, Hawa, Nanda dan Mbak Hari, selaku teman-teman satu rumah yang senantiasa memberi dukungan,
14. Roman, Agung, Erwin, Vicga, Nurul, Maulina, Addin, Niswah, Sherly, Hendra, Fia, Adimas dan rekan-rekan *Study Club* Fisika Material yang bersedia diajak berdiskusi,
15. Titta, Dian, Zidni, Thava, Akbar, Isnan, Adi dan rekan-rekan HM-PS Fisika lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu,
16. Ulfa, Yeti, Mimmah, Esti, Susi, Yusron, Fatih dan rekan rekan IHAMAFI yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu,
17. Afrizal dan Fiqi yang membantu proses uji karakterisasi di kampusnya,
18. Seluruh rekan-rekan Fisika angkatan 2013 yang telah berjuang bersama dalam menempuh studi S-1 di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta,
19. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi yang tidak bisa disebutkan satu-satu,
20. Untuk belahan jiwaku, semoga skripsi ini kelak bisa kita baca berdua di suatu sore yang gembira.

Semoga Allah membalas segala kebaikan semua pihak yang senantiasa membantu. Aamiin.

Selain ucapan terimakasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah dilaporkan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, Mei 2018

Sismiranda Putri Asmarani
Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGARUH VARIASI WAKTU PIROLISIS TERHADAP MORFOLOGI CNT (*Carbon Nanotube*) BERBASIS KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA

Sismiranda Putri Asmarani
13620033

INTISARI

Kajian efek variasi waktu pirolisis terhadap morfologi CNT (*Carbon Nanotube*) berbasis tempurung kelapa telah berhasil dilakukan. Digunakan tempurung kelapa yang merupakan bahan alam karena Indonesia merupakan penghasil kelapa terbesar ketiga setelah Filipina dan India menurut Biro Pusat Statistik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji proses sintesis CNT menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan variasi lama waktu pirolisis 2 jam, 4 jam, 6 jam dan mengetahui hasil karakterisasi CNT yang terbentuk dari hasil variasi waktu pirolisis. Sintesis CNT dilakukan dengan mereaksikan karbon aktif berbasis tempurung kelapa, *ferrocene* ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) sebagai katalis dan *benzena* sebagai sumber karbon dengan dialiri gas argon (Ar). Pemurnian CNT menggunakan larutan asam nitrat (HNO_3) 65%. Hasil karakterisasi variasi waktu pirolisis XRD dan SEM menunjukkan hasil saat 2 jam didapatkan $2\theta=23,29^\circ$ dan ukuran partikel 238,09 nm, saat 4 jam didapatkan $2\theta=23,55^\circ$ dan ukuran partikel 52,91 nm, saat 6 jam didapatkan $2\theta=23,49^\circ$ dan ukuran partikel 190,77 nm. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada waktu pirolisis 4 jam didapatkan morfologi CNT dengan diameter terkecilnya yaitu 52.91 nm.

Kata kunci : pirolisis, *carbon nanotube* CVD, dan tempurung kelapa

EFFECT OF PIROLYSIS TIME VARIATION TO MORPHOLOGY CNT (Carbon Nanotube) BASED ON ACTIVE CARBON COCONUT SHELL

Sismiranda Putri Asmarani
13620033

ABSTRACT

The study of the effect of pyrolysis time variation on the morphology of CNT (Carbon Nanotube) based coconut shell has been successfully performed. Used coconut shell which is a natural material because Indonesia is the third largest coconut producer after Philippines and India according to Central Bureau of Statistics. The aim of this research is to study the process of CNT synthesis using CVD (Chemical Vapor Deposition) method with variation of pyrolysis time of 2 hours, 4 hours, 6 hours and to know the result of CNT characterization formed from variation of pyrolysis time . Synthesis of CNT is done by reacting coconut shell activated coconut, ferrocene ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) as catalyst and benzene as carbon source with gas argon (Ar). Purification CNT using a solution of nitric acid (HNO_3) 65%. Result of characterization of XRD and SEM pyrolysis time variation showed 2 hours result 2 hours = $23,29^\circ$ and particle size 238,09 nm, when 4 hours got $2\theta = 23,55^\circ$ and particle size 52,91 nm, when 6 hour got $2\theta = 23.49^\circ$ and particle size 190.77 nm. The conclusions of this study indicate that at 4 hours pyrolysis time obtained morphology CNT with the smallest diameter of 52.91 nm.

Keywords : pyrolysis, CVD carbon nanotubes, and coconut shells

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Kelapa	10
2.2.2 CNT (<i>Carbon Nanotube</i>)	12
2.2.3 Metode Sintesis <i>Carbon Nanotube</i>	16
2.2.4 Mekanisme Penumbuhan CNT (<i>Carbon Nanotube</i>).....	17
2.2.4 Benzena (C ₆ H ₆)	19
2.2.5 Asam Nitrat (HNO ₃)	19
2.2.6 Ferrocene.....	21

BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Alokasi Waktu Penelitian.....	23
3.1.1 Waktu Penelitian.....	23
3.1.2 Tempat Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.2.1 Alat-Alat Penelitian.....	24
3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan	26
3.3.2 Pembuatan karbon aktif.....	26
3.3.3 Sintesis <i>Carbon Nanotube</i>	27
3.3.4 Karakterisasi carbon nanotube	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian.....	33
4.4.1 Hasil Sintesis <i>Carbon Nanotube</i>	33
4.4.2 Hasil Uji Karakterisasi XRD.....	33
4.4.3 Hasil Morfologi CNT	36
4.2 Pembahasan	37
4.3 Integrasi-Interkoneksi.....	41
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi buah kelapa (Palungkun, 2001).....	11
Tabel 2.2 Presentase berat zat tempurung kelapa (Andizej dkk, 2010:843)	11
Tabel 2.3 Properti <i>Carbon nanotube</i>	13
Tabel 2.4 MSDS Asam Nitrat (Science lab, 2010)	20
Tabel 3.1 <i>Timeline</i> Penelitian.....	23
Tabel 3.2 Alat-alat penelitian	24
Tabel 3.3 Bahan-bahan penelitian	25
Tabel 4.1 Hasil karakterisasi SEM dan XRD	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tempurung Kelapa	11
Gambar 2.2 SWNT	14
Gambar 2.3 MWNT.....	15
Gambar 2.4 Diagram CVD (Koziol, 2010)	17
Gambar 2.5 Mekanisme penumbuhan CNT (a) Pertumbuhan dasar (b) Pertumbuhan atas (Nur Adrian, 2007)	18
Gambar 2.6 Struktur kimia Benzena	19
Gambar 2.7 Struktur kimia asam nitrat (HNO_3).....	20
Gambar 2.8 Serbuk Ferrocene	21
Gambar 2.9 struktur kimia <i>Ferrocene</i>	22
Gambar 3.1 Prosedur penelitian	25
Gambar 3.2 Diagram pembuatan karbon aktif	26
Gambar 3.3 Diagram sintesis <i>carbon nanotube</i>	27
Gambar 3.4 Skema SEM (Hidayati Esi, 2016).....	30
Gambar 3.4 Skema XRD (www.rolanrusli.com, 2016)	31
Gambar 4.1 Hasil sintesis CNT (a) Waktu 2 jam (b) Waktu 4 jam (c) Waktu 6 jam.....	33
Gambar 4.2 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 2 jam. Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,29^\circ$ dengan indeks miller $[3\ 1\ 0]$	34
Gambar 4.3 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 4 jam Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,55^\circ$ dengan indeks miller $[0\ 0\ 2]$	34
Gambar 4.4 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 6 jam. Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,49^\circ$ dengan indeks miller $[0\ 0\ 2]$	35
Gambar 4.5 Pola fasa difraksi CNT variasi waktu 2 jam, 4 jam dan 6 jam	35
Gambar 4.6 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 2 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 238,095 nm.	36
Gambar 4.7 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 4 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 52,91 nm.	36
Gambar 4.8 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 6 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 190,77 nm.	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) adalah jenis tanaman yang banyak tumbuh di daerah tropis salah satunya Indonesia. Tanaman kelapa merupakan komoditas strategis yang memiliki peran sosial dan budaya dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir dari seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan manusia sehari-hari.

Pemanfaatan limbah kelapa oleh masyarakat Indonesia dapat berupa serabut, tempurung, lidi dan daun kelapa sebagai bahan kerajinan tangan serta alat rumah tangga. Serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi keset. Tempurung dapat dibuat berbagai macam kerajinan dan alat rumah tangga. Lidi yang berasal dari tulang daun kelapa dimanfaatkan untuk membuat sapu dan daun kelapa untuk hiasan rumah tangga (Cholifah, 2012). Data badan pusat statistik luas lahan penyebaran kelapa di Yogyakarta mencapai 0,042 ha. Tempurung kelapa ini sendiri selain dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan dapat pula dimanfaatkan sebagai bahan dasar suatu penelitian dengan cara dibakar pada suhu tinggi dan akan menghasilkan karbon aktif.

Hal ini merupakan salah satu rahmat yang patut disyukuri dan dimanfaatkan sebaik-baiknya. Allah SWT menciptakan unsur karbon di bumi sangat melimpah. Salah satu ayat Al-Qur'an yang membahas mengenai karbon dari hasil pembakaran kayu adalah Q.S Yasin ayat 80, yang berbunyi :

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا ۖ فَإِذَا أَنْتُمْ مُّسْتَوْفِدُونَ ٨٠

Artinya: "Yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu."

Ayat diatas menjelaskan mengenai الشَّجَرِ (pohon kayu) tumbuhan hijau yang melakukan proses pembakaran yang menghasilkan gas oksigen dan unsur karbon. Kedua unsur ini (karbon dan oksigen) merupakan unsur penting untuk menghasilkan نَارًا (api) dengan proses pembakaran sempurna.

Perkembangan nanoteknologi atau teknologi nanopartikel pada saat ini berkembang begitu pesat diberbagai bidang keilmuan. Hal ini dibuktikan dari permintaan pasar yang meningkat dan banyaknya minat peneliti mengkaji nanoteknologi. Segala aspek kehidupan manusia pada masa sekarang ini tak lepas dari nanoteknologi. Mulai dari kebutuhan piranti elektronik dengan ukuran mini, chip yang berukuran kecil namun memiliki kemampuan yang lebih tinggi, sampai pada aplikasinya seperti pembasmi sel-sel kanker dengan nanoteknologi. Salah satu bagian dari nanoteknologi yang banyak diminati saat ini adalah Carbon Nanotube (Norr F.A. dkk, 2008). Sejak ditemukan oleh Iijima pada tahun 1991 Carbon Nanotube mulai menarik perhatian para peneliti untuk mengembangkannya karena mempunyai sifat mekanik, magnetik dan elektronik yang unik. Keunikan sifat-sifat tersebut menjadikan CNT mempunyai keunggulan

dan potensi yang besar untuk diaplikasikan di berbagai bidang diantaranya: divais nanoelektrik, penyimpanan hidrogen, superkapasitor dan lain-lain. Partikel pada skala nanometer memiliki sifat yang berbeda daripada partikel dengan ukuran yang lebih besar. Material tersebut terdiri dari atom karbon berbentuk heksagonal-heksagonal berongga yang digulung membentuk sebuah tabung (Meyyapan, 2004).

Luasnya perkebunan tanaman kelapa di Indonesia maka alternatif yang dapat dilakukan untuk mengolah tempurung kelapa yaitu dengan mengubahnya menjadi arang aktif atau karbon aktif yang kemudian digunakan sebagai media pendukung untuk menumbuhkan *Carbon Nanotube*. Sintesis *Carbon Nanotube* masih menemui beberapa kendala terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia. Kendala utama ialah tingginya biaya studi maupun penelitian terhadap sintesis *Carbon Nanotube*. Beberapa metode fabrikasi untuk menumbuhkan *Carbon Nanotube*, antara lain : CVD (*Chemical Vapor Deposition*), *Laser Ablation*, dan *Spray Pirolisis* (Mikrajudin Abdullah, 2008). Sintesis *Carbon Nanotube* terdapat beberapa metode, pada penelitian ini menggunakan metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) menggunakan variasi waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam dengan suhu 700°C. Variasi *pirolisis* dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap morfologi pada permukaan dan ukuran *Carbon Nanotube*. Metode CVD merupakan metode yang paling sederhana dan mudah dilakukan. Metode CVD memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan CNT dalam skala besar, mengurangi energi dan mempercepat laju reaksi karena penggunaan katalis.

Waktu *pirolisis* sendiri berpengaruh terhadap karakterisasi *carbon nanotube* yang dihasilkan. Menurut (Ahmad, 2009) dengan menggunakan waktu *pirolisis* selama 30 menit dengan suhu 900°C telah berhasil dilakukan penumbuhan material *carbon nanotube* di atas substrat Si (111) pada temperatur tersebut. Menurut (Melati A, 2015) dengan menggunakan waktu *pirolisis* selama 4 jam dengan suhu 700°C menghasilkan karakterisasi dengan ukuran 179 nm.

Beberapa potensi aplikasi nanoteknologi dalam kehidupan sehari-hari sangatlah banyak dan beragam, dalam beberapa material maju nanoteknologi banyak pula manfaatnya antara lain dalam elektronika bertumpu pada apa yang disebut sebagai *single electron devices* (divais elektron tunggal). Nanoteknologi dalam bidang militer terkait dengan aplikasi ilmu-ilmu fisika, kimia dan biologi. Salah satu negara yang sedang mengembangkan nanoteknologi di bidang militer adalah Amerika Serikat. Nanoteknologi dalam industri automotif terkait dengan berbagai hal antara lain: pelapisan (*coating*), aplikasi struktural, produk-produk di pasaran dan aplikasi-aplikasi potensial lainnya. Nanoteknologi dapat diaplikasikan pula pada industri konveksi (kain). Berbagai aplikasi nanoteknologi dalam industri konveksi antara lain, tahan terhadap tumpahan dan kotoran, tahan air, tahan bau dan kemampuan untuk menghantar listrik (Dwandaru, 2012)

Berdasar pada uraian diatas, perlu kiranya untuk melakukan penelitian mengenai sintesis *Carbon Nanotube* dari bahan alam tempurung kelapa menggunakan metode CVD dengan melakukan variasi waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada suhu 700°C agar potensi bahan alam di Indonesia selain hanya untuk kerajinan juga bisa dimanfaatkan untuk penelitian yang manfaatnya

akan sampai juga kepada masyarakat. Suhu *pirolisis* 700°C berdasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa pada suhu tersebut menghasilkan kristalinitas yang bagus serta ukuran partikel *Carbon Nanotube* yang lebih kecil. Disini dipilih proses *pirolisis* dikarenakan proses *pirolisis* dapat menghasilkan *Carbon Nanotube* dengan kualitas baik dengan biaya produksi yang murah. Setelah sintesis akan dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD *X-Ray Diffraction* dan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dibuatlah rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses sintesis CNT (*Carbon nanotube*) menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan variasi lama waktu *pirolisis*?
2. Bagaimana hasil karakterisasi CNT (*Carbon nanotube*) yang terbentuk menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) ?
3. Bagaimana pengaruh waktu *pirolisis* terhadap morfologi CNT (*Carbon nanotube*) yang terbentuk?

1.3 Batasan Penelitian

Untuk menghindari meluasnya objek kajian dalam penelitian ini, maka diberikan batasan penelitian sebagai berikut :

1. Sampel penelitian ini menggunakan bahan alam Tempurung Kelapa,
2. Menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan variasi waktu *pirolisis* selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam dengan suhu 700°C,

3. Fungsionalisasi CNT menggunakan metode *reflux* pada suhu 100°C selama 3 jam,
4. Karakterisasi CNT menggunakan XRD dan SEM.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji proses sintesis CNT (*Carbon nanotube*) menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan variasi lama waktu pirolisis.
2. Mengkaji hasil karakterisasi CNT (*Carbon nanotube*) menggunakan XRD dan SEM.
3. Mengkaji pengaruh waktu *pirolisis* CNT (*Carbon nanotube*) terhadap morfologinya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

1. Memahami cara mensintesis CNT dengan menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) variasi lama waktu *pirolisis*,
2. Mengetahui hasil karakterisasi CNT dari beberapa variasi lama waktu *pirolisis* menggunakan XRD dan SEM,
3. Menambah informasi bahwa karbon aktif tempurung kelapa dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi selain kerajinan tangan dan bernilai jual tinggi,
4. Sebagai wacana penelitian lebih lanjut dalam rangka meningkatkan kualitas karbon aktif tempurung kelapa.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Penelitian ini dilakukan dengan sintesis CNT (*Carbon Nanotube*) berbasis bahan alam tempurung kelapa menggunakan metode CVD (*Chemical Vapor Deposition*) dengan variasi waktu *pirolisis* yang akan dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Adapun beberapa penelitian yang relevan yang pernah dilakukan dan mejadi literatur adalah sebagai berikut :

1. “*Kajian Pembuatan Nanotube Karbon dengan Menggunakan Metode Spray Pyrolysis*” oleh Fatimah dkk yang dipublikasikan pada tahun 2008. Penelitian ini menggunakan metode *spray pyrolysis* dengan waktu pemanasan 0-150 menit dan suhu 850°C. Bahan dasar yang digunakan adalah CNT komersil. Karakterisasi dengan menggunakan SEM dan EDX dengan variasi waktu pemanasan 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Pada saat pemanasan 30 menit serbuk yang terbentuk berupa kumpulan granula. Penambahan waktu pemanasan mempengaruhi perubahan morfologi serbuk yang terbentuk. Diameter yang diperoleh berkisar antara 80-140 nm dengan struktur yang tidak homogen. Hasil ini masih kurang baik jika dibandingkan dengan serbuk yang diperoleh pada waktu pemanasan selama 0 menit. Hal ini menunjukkan bahwa hasil karakterisasi SEM, penambahan waktu pemanasan tidak berpengaruh pada perbaikan struktur serbuk *carbon nanotube* yang terbentuk.

2. *“Studi Temperatur Penumbuhan Carbon Nanotubes (CNT) yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spray Pyrolysis”* oleh Subagio dkk yang dipublikasikan pada tahun 2009. Penelitian ini menggunakan metode *spray pyrolysis* dengan variasi temperatur mulai dari 700, 800, 900 dan 1000 °C dengan waktu sintesis selama 30 menit. Bahan dasar yang digunakan adalah CNT komersil. Karakterisasi dengan menggunakan SEM pada temperatur sintesis 800 dan 900 °C ukuran tabungnya sudah dibawah 100nm (sekitar 20-50 nm), sedangkan pada temperatur sintesis 700 dan 1000 °C menghasilkan ukuran tabung di atas 100 nm. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa temperatur optimum sintesis CNT dengan metode *spray pyrolysis* yang dilakukan adalah sebesar 900 °C. Telah berhasil dilakukan penumbuhan material CNT di atas substrat Si (111) pada temperatur optimum tersebut.
3. *“Studi Pengaruh Jenis dan Komposisi Katalis Pada Proses Pertumbuhan Carbon Nanotube (CNT) Dengan Metode Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD)”* oleh Retno Susanti dkk yang dipublikasikan pada tahun 2013. Penelitian ini menggunakan metode Sistem *Catalytic Chemical Vapour Deposition* (CCVD) dengan menggunakan waktu operasi selama 20 menit dengan temperatur 700 °C. Bahan dasar yang digunakan adalah CNT komersil. Karakterisasi dengan menggunakan SEM. 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.

4. “*Synthesis and characterization of carbon nanotube from coconut shells activated carbon*” oleh Melati .A dkk dalam jurnal of physics publikasi IOP pada tahun 2015. Penelitian ini menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*). Dengan suhu 700 °C dan waktu pirolisis selama 4 jam. Bahan dasar yang digunakan adalah tempurung kelapa. Karakterisasi dengan SEM pada suhu 700 °C terlihat lembaran grafit dengan ukuran yang tidak homogen dan ukuran terkecilnya adalah 179 nm.
5. “*Efek temperatur terhadap morfologi carbon nanotube (CNT) hasil sintesis dari bahan alam tempurung kelapa dan potensi penggunaannya bagi penanganan air limbah laundry*” oleh Esi Hidayati yang dipublikasikan pada tahun 2016. Penelitian ini menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*). Dengan variasi temperatur 600°C, 700°C dan 800°C. Bahan dasar yang digunakan adalah tempurung kelapa. Karakterisasi dengan SEM didapatkan CNT dengan ukuran terkecil 18,5 nm pada suhu 700°C.

Hal yang membedakan penelitian ini dengan lima penelitian diatas adalah pada bahan dasar CNT yang digunakan, pada variasi waktu *pirolisis* dan metodenya. Penelitian ini menggunakan CNT berbasis bahan alam tempurung kelapa yang divariasikan waktu *pirolisis* dan menggunakan metode CVD. Penelitian ini memfokuskan kajian pengaruh variasi waktu *pirolisis* CNT terhadap hasil karakterisasinya.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku aren-arenan atau Arecaceae. Pohon kelapa berbatang tunggal, berakar sabut dan tumbuhan monokotil. Buah kelapa tersusun dari *epicarp*, *mesocarp*, *endocarp*, *endosperm*, dan *coconut water*. Buah kelapa tersusun atas beberapa bagian:

1. *Epicarp* atau kulit luar merupakan lapisan yang tipis, licin dan memiliki warna hijau, coklat, kuning atau kemerahan.
2. *Mesocarp* atau sabut merupakan lapisan yang terdiri atas serabut dan daging buah. Serabut terdiri atas jaringan yang keras dan diantaranya ada jaringan lunak yang disebut sabut dengan ketebalan 3-5 cm.
3. *Endocarp* atau tempurung merupakan lapisan yang sangat keras karena banyak mengandung silikat. Pada bagian pangkal tempurung terdapat ovule yang menjadi lubang tumbuhnya kecambah. Kecambah kelapa akan muncul dari lubang yang paling besar dengan permukaan yang lunak.
4. Kulit luar biji yaitu semua yang ada di bagian tempurung.
5. *Endosperm* atau putih lembaga yaitu bagian kelapa yang biasa diambil santannya. Biasanya memiliki ketebalan sekitar 8-10 mm, merupakan jaringan yang berasal dari inti lembaga yang dibuahi sel sperma dan membelah diri. Jaringan ini menyimpan cadangan makanan bagi lembaga.
6. Air kelapa terdiri atas 4% mineral dan 2% gula dalam bentuk glukosa, fruktosa dan sukrosa. Volume air dan kandungan gula ini tinggi ketika umur buah masih muda dan akan menurun seiring dengan peningkatan umur buah.

7. Lembaga atau embrio yaitu titik tumbuh yang akan menjadi calon tanaman kelapa. Lembaga iniketika masih kecil biasa disebut kentos yang menyerap makanan dari endosperm sehinggamakin lama endosperm akan semakin lunak dan tipis.

Komposisi dari buah kelapa pada Tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Komposisi buah kelapa (Palungkun, 2001)

No	Bagian buah	Jumlah berat (%)
1	Sabut	35
2	Tempurung	12
3	Daging buah	28
4	Air kelapa	25

Tempurung kelapa (*endocarp*) merupakan lapisan keras yang berfungsi untuk melindungi daging buah. Pada bagian pangkal tempurung terdapat *ovule* yang menjadi lubang tumbuhnya tunas. Gambar tempurung kelapa disajikan pada Gambar 2.1 dan presentase berat zat tempurung kelapa disajikan pada Tabel 2.2 :



Gambar 2.1 Tempurung Kelapa

Tabel 2.2 Presentase berat zat tempurung kelapa (Andizej dkk, 2010:843)

No	Komposisi	Jumlah berat (%)
1	Selulosa	34
2	Hemiselulosa	21
3	Lignin	27
4	Protein	2
5	Lemak	5

2.2.2 CNT (*Carbon Nanotube*)

Carbon Nanotube diidentifikasi untuk pertama kalinya pada tahun 1991 oleh Sumio Iijima di Laboratorium Penelitian NEC, menggunakan mikroskop elektron beresolusi tinggi dan menemukan hubungan antara *fullerence* dengan model *carbon nanotube* hingga akhirnya Iijima menemukan *carbon nanotube* dan berhasil mengemukakan penelitiannya dengan lengkap mengenai struktur dan sifat-sifat *carbon nanotube*. Karakterisasi yang dilakukan Iijima menunjukkan inilah fiber terkuat yang pernah dibuat, tetapi sebelumnya CNT sebenarnya bukanlah barang baru dalam dunia material elektronik, mengingat filamen karbon berdiameter 7 nanometer telah ditemukan pada tahun 1970 oleh Morinobu Endo, seorang mahasiswa PhD dari Jepang yang bersekolah di Orleans University, Perancis. Meskipun begitu, temuan yang dituangkan dalam disertasi doktornya tersebut belum menarik banyak perhatian saat itu.

Ilmu nano adalah studi fenomena dan manipulasi bahan pada skala atom, molekul dan makro molekul, dimana sifat-sifat bahan sangat berbeda dibandingkan bahan tersebut pada skala yang lebih besar, molekulnya yang berukuran antara 1 hingga 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), Bahan berstruktur nano merupakan bahan yang memiliki paling tidak salah satu dimensinya (panjang, lebar, atau tinggi). Karbon nanotube merupakan salah satu bidang penelitian yang menarik dalam ilmu pengetahuan modern.

Pada jurnal Adrian Nur dkk tahun 2007 mengenai Sifat elektrik, molekul dan struktur *carbon nanotube* ditentukan struktur dimensinya. Beberapa sifat penting *carbon nanotube* adalah :

a. Reaktifitas kimia

Reaktifitas kimia *carbon nanotube* akan meningkat sebanding dengan hasil kenaikan arah kurvatur permukaan *carbon nanotube*. Oleh karena itu, reaktifitas kimia pada bagian dinding *carbon nanotube* akan sangat berbeda dengan bagian ujungnya. Diameter *carbon nanotube* yang lebih kecil akan meningkatkan reaktivitas.

b. Konduktivitas elektrik

Carbon nanotube dengan diameter yang lebih kecil dapat menjadi semi konduktor atau menjadi metalik tergantung pada vektor khiral. Perbedaan konduktivitas ini disebabkan oleh struktur molekul.

c. Kekuatan Mekanik

Carbon nanotube mempunyai modulus Young yang sangat besar pada arah aksialnya. *Nanotube* menjadi sangat fleksibel karena ukurannya yang panjang. *Carbon nanotube* sangat potensial untuk aplikasi material komposit sesuai dengan kebutuhan.

d. Properti CNT *Carbon nanotube*

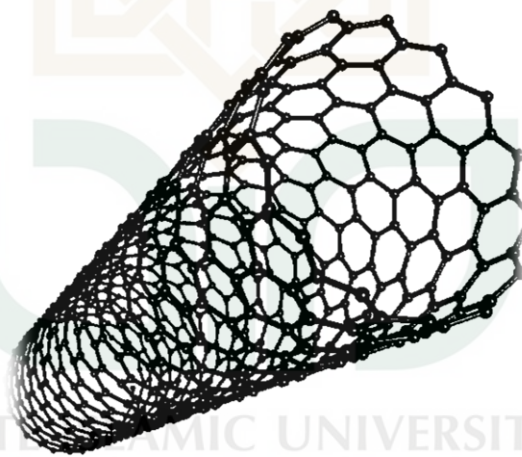
Properti CNT (*Carbon nanotube*) dijelaskan pada Tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Properti *Carbon nanotube*

Material	Modulus Young (TPa)	Kekuatan Tarik (GPa)	Perpanjangan saat patah (%)
SWNT ^E	≈ 1 (dari 1 ke 5)	13 – 53	16
Armchair SWNT ^T	0.94	126.2	23.1
Zigzag SWNT ^T	0.94	94.5	15.6 – 17.5
Chiral SWNT	0.92	-	-
MWNT ^E	0.2-0.8-0.95	11 – 63 – 150	-
Stainless steel ^E	0.186-0.214	0.38 – 1.55	15 – 50

Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi yang baru dan banyak menarik perhatian para ilmuwan di berbagai negara di dunia. CNT adalah Susunan satu rantai atom carbon yang berikatan secara heksagonal berbentuk silinder yang berdiameter nanometer. Carbon nanotube merupakan salah satu aplikasi nanoteknologi yang paling terkenal. Berdasarkan jumlah dindingnya, CNT secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu CNT berdinding tunggal (*single-walled CNT* atau SWNT) dan CNT berdinding banyak (*multi-walled CNT* atau MWNT).

2.2.2.1 Single Walled Nanotubes (SWNT)

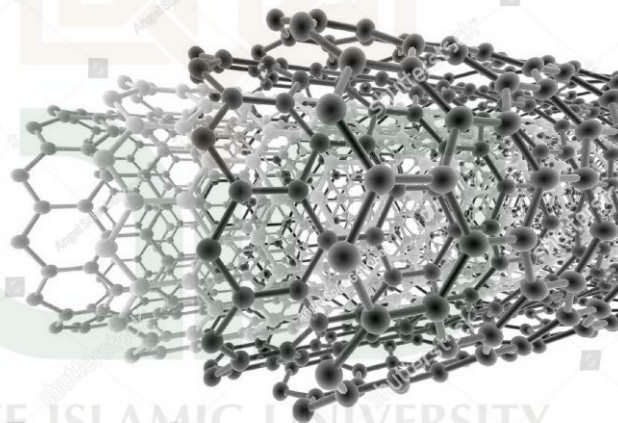


Gambar 2.2 SWNT

Struktur ini memiliki diameter kurang lebih 1 nanometer dan memiliki panjang hingga ribuan kali dari diameternya. Struktur SWNT dapat dideskripsikan menyerupai sebuah lembaran panjang struktur grafit (disebut *graphene*) yang tergulung. Umumnya SWNT terdiri dari dua bagian dengan properti fisik dan kimia yang berbeda. Bagian pertama adalah bagian sisi dan bagian kedua adalah bagian kepala. SWNT memiliki beberapa bentuk struktur berbeda yang dapat

dilihat bilamana struktur *tube* dibuka. SWNT memiliki sifat keelektrikan yang tidak dimiliki oleh struktur MWNT. Hal ini memungkinkan pengembangan struktur SWNT menjadi *nanowire* karena SWNT dapat menjadi konduktor yang baik. Selain itu SWNT telah dikembangkan sebagai pengganti dari *field effect transistors* (FET) dalam skala nano. Hal ini karena sifat SWNT yang dapat bersifat sebagai n-FET juga p-FET ketika bereaksi terhadap oksigen. Karena dapat memiliki sifat sebagai n-FET dan p-FET maka SWNT dapat difungsikan sebagai *logic gate*.

2.2.2.2 Multi Walled Nanotubes (MWNT)



Gambar 2.3 MWNT

MWNT dibentuk dari beberapa lapisan struktur grafit yang digulung membentuk silinder. Atau dapat juga dikatakan MWNT tersusun oleh beberapa SWNT dengan berbeda diameter. MWNT terbentuk dari 2 sampai 30 lapisan struktur grafit (*graphene*) yang tergulung membentuk silinder dengan diameter 10-5- nm dan panjang lebih dari 10 mikrometer (Tanaka dkk, 1999:2). MWNT jelas memiliki sifat yang berbeda dengan SWNT. Pada MWNT yang hanya

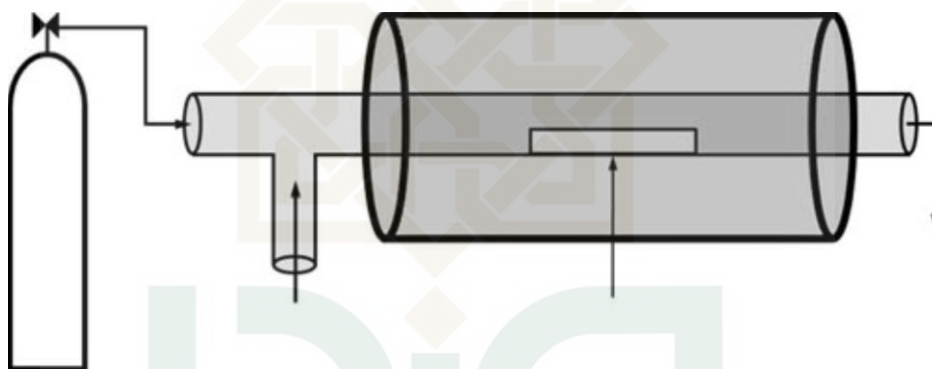
memiliki 2 lapis dinding (*Double-Walled Carbon Nanotubes-DWNT*) memiliki sifat yang penting karena memiliki sifat yang menyerupai SWNT dengan *chemical resistance* yang lebih baik. Hal ini dikarenakan pada SWNT hanya memiliki 1 lapis dinding sehingga bilamana terdapat ikatan C=C yang rusak maka akan menghasilkan lubang di SWNT dan hal ini akan mengubah sifat mekanik dan elektrik dari ikatan SWNT tersebut. Sedangkan pada DWNT masih terdapat 1 lapisan lagi di dalam yang akan mempertahankan sifatnya.

2.2.3 Metode Sintesis Carbon Nanotube

Carbon nanotube dapat diperoleh dari 3 teknik yaitu : Pancaran Elektroda, Penggunaan Laser dan Endapan Uap Senyawa Kimia (*Chemical Vapour Deposition*). Dari beberapa metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode yang digunakan pada temperatur tinggi adalah *arc discharge* dan *laser ablation*.

Metode *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dilakukan dengan mengalirkan sumber karbon dalam fase gas melalui suatu sumber energi seperti sebuah plasma atau koil pemanas untuk mentransfer energi ke molekul karbon. Secara umum gas yang digunakan adalah metana, CO dan asetilena. Selain itu fullerene dapat juga digunakan sebagai sumber karbon (Maruyama, dkk., 2003). Metode CVD melibatkan proses pirolisis material hidrokarbon atau sumber karbon lain yang direaksikan dengan gas inert pada alat *furnace* yang dibantu oleh katalis. Katalis dapat berupa material solid, cair, atau gas yang ditempatkan di dalam alat *furnace* atau dialirkan terus-menerus dari luar. Dekomposisi karbon akan terlarut pada nanopartikel metal, namun karena daya larut karbon pada partikel metal terbatas maka akan tercapai titik jenuh yang kemudian endapan

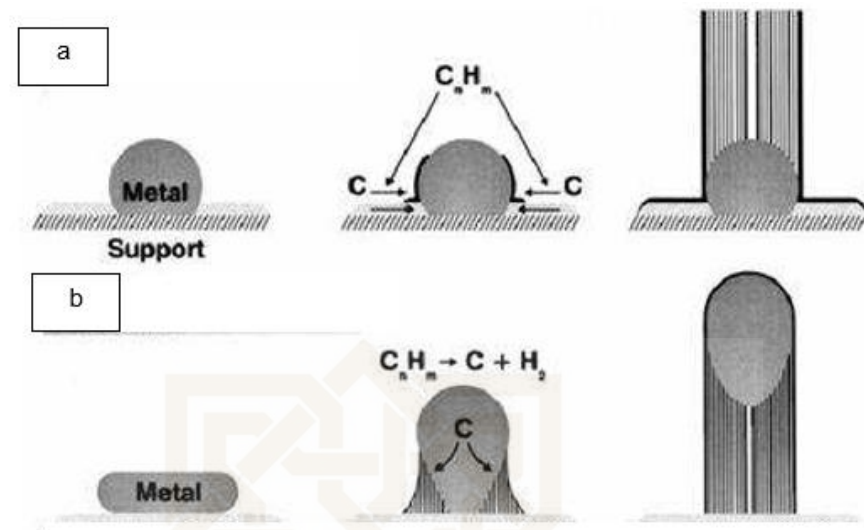
karbon akan muncul berbentuk silinder karbon. Temperatur yang digunakan untuk mensintesis dapat divariasikan antara 500-1200°C pada tekanan atmosfer. Parameter utama dalam metode CVD adalah sumber karbon, jenis katalis, dan temperatur pirolisinya. Pada temperatur rendah (600-900°C) menghasilkan MWNT sedangkan pada temperatur tinggi menghasilkan SWNT (Koziol, 2010). *Carbon nanotube* akan terbentuk jika parameter-parameter proses tetap terjaga. Berikut adalah skema CVD :



Gambar 2.4 Diagram CVD (Koziol, 2010)

2.2.4 Mekanisme Penumbuhan CNT (*Carbon Nanotube*)

Mekanisme penumbuhan CNT pada katalis terdapat 2 jenis penumbuhan bergantung pada jenis katalis, yaitu pertumbuhan dasar dan pertumbuhan atas. Pertumbuhan dasar mengalami proses ketika interaksi katalis dengan penyangganya sangat kuat. *Carbon Nanotube* tumbuh pada bagian atas katalis tanpa mengangkat katalis tersebut. Pertumbuhan atas terjadi jika interaksi katalis dengan penyangganya tidak terlalu kuat akibatnya saat *Carbon Nanotube* tumbuh, maka katalis ikut naik ke bagian ujung luar *Nanotube*.

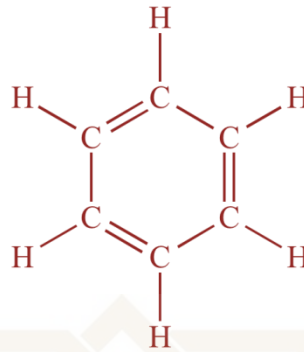


Gambar 2.5 Mekanisme penumbuhan CNT

(a) Pertumbuhan dasar (b) Pertumbuhan atas (Nur Adrian, 2007)

Penumbuhan CNT pada pertumbuhan atas melibatkan dekomposisi karbon yang teraliri gas. Apabila interaksi katalis dan substrat lemah, hidrokarbon terurai diatas logam, karbon berdifusi kebawah dan CNT tumbuh keluar dibagian bawah logam dan memanjang. Sedangkan pertumbuhan bawah terjadi ketika interaksi katalis dan substrat kuat, sehingga partikel logam tetap menempel pada substrat. Hidrokarbon saling berinteraksi, karbon berdifusi keatas. Setelah logam ditutupi karbon aktivitas katalik terhenti sehingga penumbuhan CNT terhenti.

2.2.4 Benzena (C₆H₆)



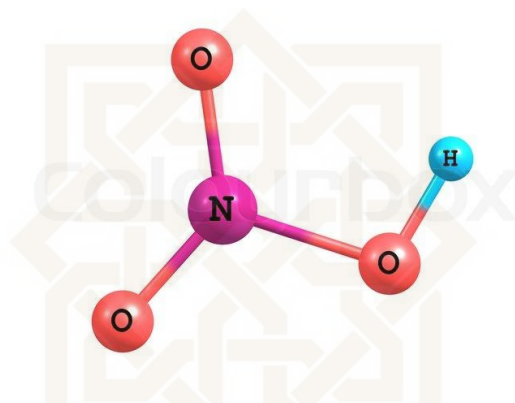
Gambar 2.6 Struktur kimia Benzena

Sumber karbon yang digunakan dalam sintesis CNT ini adalah benzena (C₆H₆). Pemilihan sumber karbon ini dikarenakan susunan karbon heksagonal yang memungkinkan mudah terbentuknya CNT. Benzena adalah senyawa kimia organik yang merupakan cairan tidak berwarna dan mudah terbakar. Susunan 6 atom karbon yang membentuk cincin, dengan 1 atom hidrogen berikatan pada setiap 1 atom karbon. Benzena merupakan salah satu jenis hidrokarbon aromatik siklik. Senyawa tersebut merupakan salah satu komponen dalam minyak bumi. Karena memiliki bilangan oktan yang tinggi, maka benzena juga salah satu campuran penting dalam bensin.

2.2.5 Asam Nitrat (HNO₃)

Permurnian CNT menggunakan asam nitrat, untuk menghilangkan pengotor dalam CNT. Asam nitrat atau *nitric acid* atau *aqua fortis* merupakan asam kuat yang sangat korosif dan tidak berwarna. Asam nitrat pertama kali di sintesis sekitar abad 800M oleh kimiawan Jabir Ibnu Hayyan. Asam nitrat dibuat dengan mencampur nitrogen dioksida (NO₂) dengan air. Menghasilkan asam nitrat yang sangat murni biasanya melibatkan distilasi dengan asam sulfat, karena asam

nitrat membentuk sebuah azeotrop dengan air dengan komposisi 68% asam nitrat dan 32% air. Asam nitrat kualitas komersial biasanya memiliki konsentrasi antara 52% dan 68% asam nitrat. Produksi komersial dari asam nitrat melalui proses Ostwald yang ditemukan oleh Wilhelm Ostwald.



Gambar 2.7 Struktur kimia asam nitrat (HNO_3)

Tabel 2.4 MSDS Asam Nitrat (Science lab, 2010)

Nama produk	Nutrid Acid Reagen A.C.S
Rumus Kimia	HNO_3
Titik Cair	-41°C
Titik Didih	121°C
Tekanan Uap	6kPa (@ 20°C)
Kepadatan Uap	2,5
Kelarutan dalam air	Larut
Tampilan dan bau	Cairan bening dan sedikit beruap
Keadaan yang harus dihindari	Bahan dapat bereaksi hebat dengan reduktor kuat, logam, alkali, basa kuat
Bahan yang harus dihindari	Basa terkonsentrasi, bahan air yang reaktif, material teroksidasi
Produk dekomposisi berbahaya	Campuran Nitrogen, uap/asap asam

2.2.6 Ferrocene

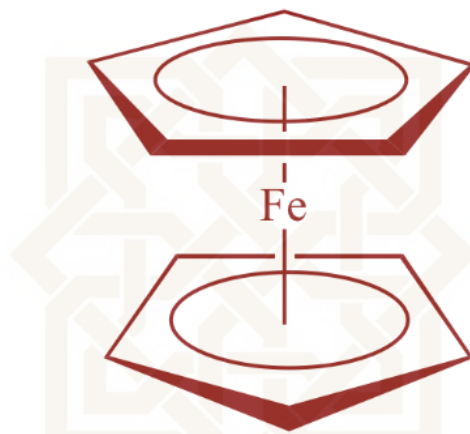
Ferrocene dibuat tanpa sengaja pada tahun 1951 oleh Pauson dan Kealy di Duquesne University dengan mereaksikan siklopentadienil magnesium bromida dan klorida dengan tujuan memperoleh oksidatif kopling diena (fulvalene), sebaliknya, mereka memperoleh bubuk oranye terang dengan stabilitas yang tinggi. Sementara itu, *millar*, *tebboth* dan *tremaine* siklopentadiena dan nitrogen dalam campuran gas melalui katalis besi juga menjadi padat oranye-kuning. Gambar serbuk ferrocene disajikan pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.8 Serbuk Ferrocene

Ferrocene adalah semacam sifat aromatik dari senyawa logam transisi organik yang berupa padatan oranye udara-stabil yang mudah menyublim, terutama saat pemanasan dalam ruang vakum. Stabil pada suhu setinggi 400 ° C. Ferrocene merupakan struktur yang sangat stabil dengan struktur 2 benzene yang mengapit atom Fe, karena sangat stabil maka penggunaan ferrocene ini sangat banyak. Ferrocene dapat digunakan sebagai aditif bahan bakar roket, antiknock bensin dan karet, dan agen menyembuhkan resin silikon, juga bisa menjadi penyerap UV, meningkatkan nilai oktan dari bahan bakar. Namun Ferrocene yang mengandung senyawa besi (Fe), setelah proses pembakaran menghasilkan

senyawa iron-oxide (FeO) yang menjadi kerak dan menutupi permukaan katalis pada gas buang. Ferrocene sebagai atom besi dalam struktur dua paralel antara cincin siklopentadienil. Cincin ferrocene mampu reaksi elektrofilik substitusi, seperti merkuri, alkilasi, reaksi asilasi.



Gambar 2.9 struktur kimia *Ferrocene*

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alokasi Waktu Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2017 di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta , Laboratorium Pasca Sarjana MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam Gunung Kidul. Adapun rincian jadwal kegiatan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 *Timeline* Penelitian

No	Nama kegiatan	Bulan ke-			
		1	2	3	4
1.	Persiapan:				
	a. Studi pustaka				
	b. Pembuatan proposal				
2.	Pelaksanaan:				
	a. Persiapan alat dan bahan				
	b. Sintesis CNT variasi waktu <i>pyrolysis</i>				
	c. Karakterisasi CNT menggunakan SEM dan XRD				
	d. Analisa data				
3.	Penyusunan Laporan				

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Laboratorium Pasca Sarjana MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam Gunung Kidul.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat-Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah :

Tabel 3.2 Alat-alat penelitian

No.	Alat	Jumlah
1	Oven	1 buah
2	<i>Furnace</i> (pemanas)	1 buah
3	<i>Magnetic stirrer</i>	1 buah
4	Cawan penggerus	1 buah
5	Lemari asam	1 buah
6	Gelas arloji	1 buah
7	Termokopel	1 buah
8	Gerinda	1 unit
9	<i>pH stick</i>	10 buah
10	Tabung quartz	1 buah
11	Pipet	1 buah
12	Pinset	1 buah
13	Gelas ukur 50 ml	1 buah
14	Gelas beker 50 ml	3 buah
15	Gelas beker 250 ml	1 buah
16	<i>Hot plate</i>	2 buah
17	Sendok sungu	1 buah
18	Botol aquades	1 buah
19	Mortal	1 buah

3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian

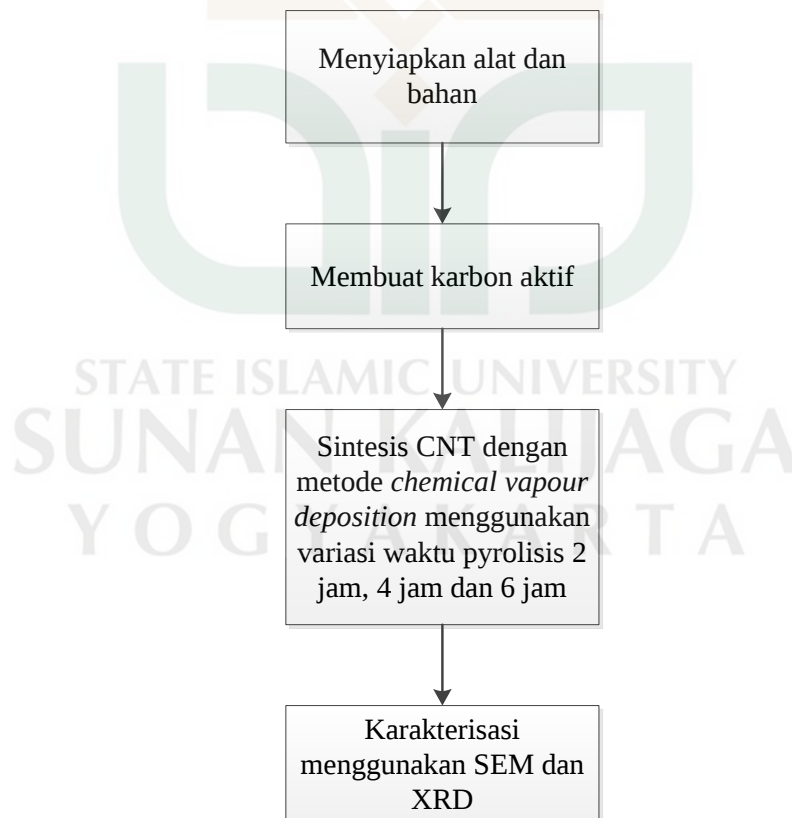
Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah :

Tabel 3.3 Bahan-bahan penelitian

No.	Alat	Jumlah
1	Tempurung kelapa	Umur 10 bulan
2	Benzena	150 ml
3	<i>Ferrocene</i>	30 gr
4	HNO ₃ 65%	30 gr
5	Aquades	Secukupnya
6	Gas Argon (Ar)	1 tabung

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dapat dilihat pada ini diagram alir sebagai berikut :

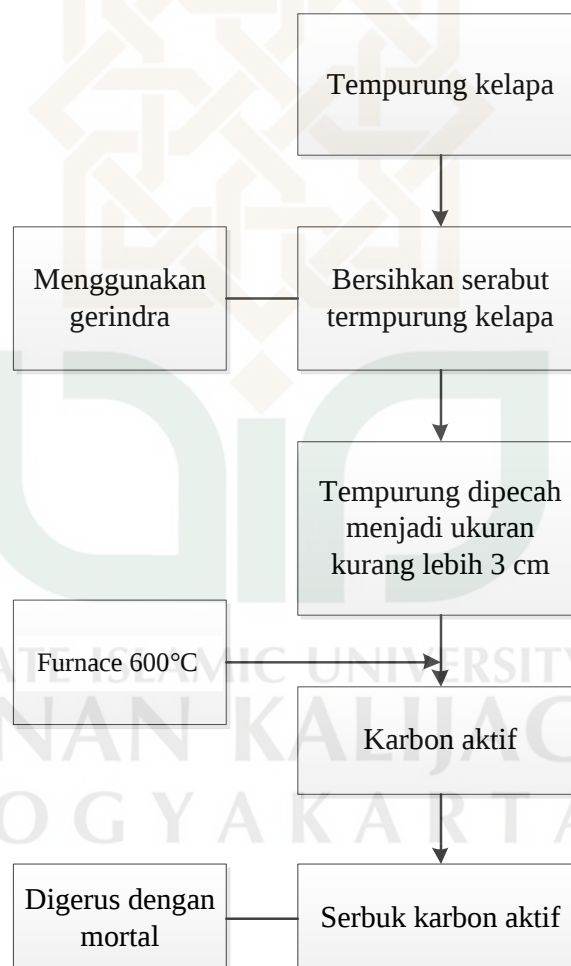


Gambar 3.1 Prosedur penelitian

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan meliputi persiapan terhadap seluruh alat dan bahan yang akan digunakan untuk mensintesis *carbon nanotube*. Alat untuk memperoleh sampel penelitian telah tertera pada subbab Alat dan Bahan Penelitian. Alat untuk mengkarakterisasi hasil *carbon nanotube* diantaranya SEM dan XRD.

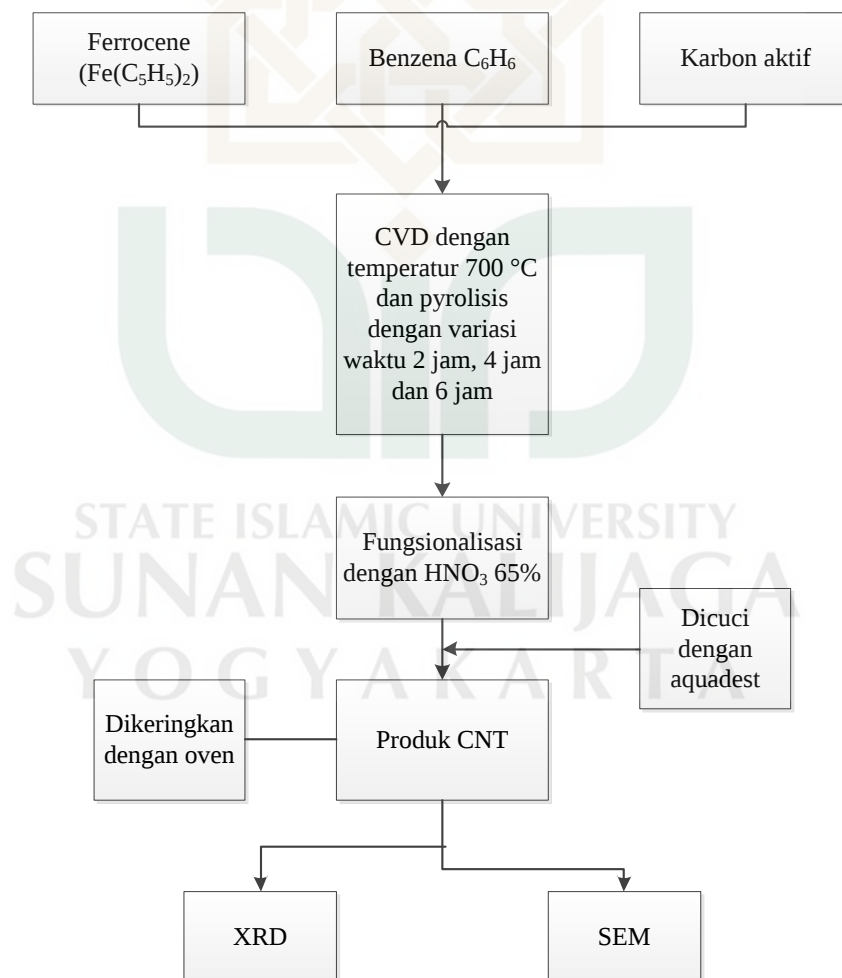
3.3.2 Pembuatan karbon aktif



Gambar 3.2 Diagram pembuatan karbon aktif

1. Persiapan alat dan bahan meliputi tempurung kelapa, mortal dan mesin gerinda
2. Bersihkan serabut dari tempurung kelapa menggunakan gerinda
3. Tempurung dipecah menjadi ukuran kurang lebih 3 cm
4. Furnace tempurung kelapa pada temperatur 600 °C
5. Karbon digiling dengan mortal
6. Karbon disaring dengan ukuran 80 mess

3.3.3 Sintesis *Carbon Nanotube*



Gambar 3.3 Diagram sintesis *carbon nanotube*

1. Sintesis *ferrocene*, benzena dan karbon dengan metode CVD
2. Pyrolisis dilakukan dengan divariasikan waktunya yaitu 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada temperatur 700 °C dengan mengalirkan gas argon ke dalam tabung *quartz*
3. Fungsionalisasi hasil *carbon nanotube* dengan larutan HNO₃ 65%
4. Cuci *carbon nanotube* menggunakan aquadest dan aquabides, selanjutnya dioven untuk menghilangkan kadar air
5. Lalu serbuk hasilnya di karakterisasi menggunakan SEM dan XRD

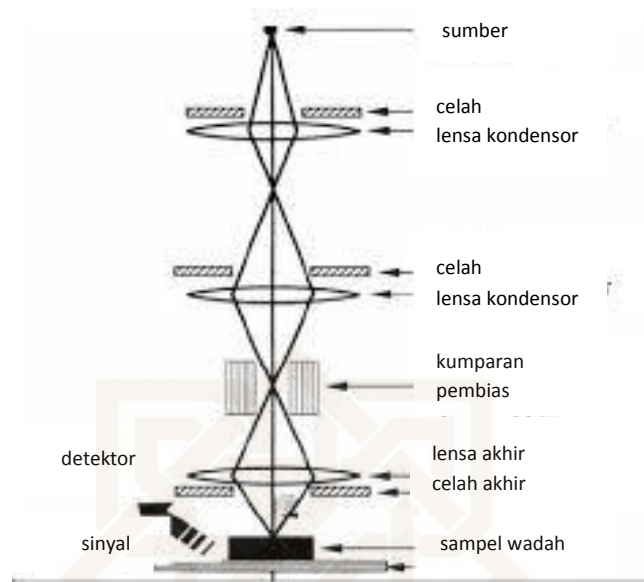
3.3.4 Karakterisasi *Carbon Nanotube*

3.3.4.1 Karakterisasi SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam scan pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi, dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik. Jenis sinyal yang dihasilkan oleh SEM meliputi elektron sekunder, elektron yang berhamburan-balik/*back-scattered electron* (BSE), karakteristik sinar-X, cahaya 43 (*cathodoluminescence*), arus spesimen dan pancaran electron-elektron. Detektor elektron sekunder biasanya terdapat di semua SEM, tetapi jarang di sebuah mesin memiliki detektor yang dapat membaca semua sinyal. Sinyal ini adalah hasil interaksi dari sinar elektron dengan atom yang dekat permukaan spesimen. Mode deteksi yang paling umum atau standar, pencitraan elektron sekunder atau *secondary electron imaging* (SEI),

SEM dapat menghasilkan Gambar resolusi sangat tinggi dari permukaan spesimen, menghasilkan ukuran yang detailnya kurang dari 1 nm. Karena berkas elektron sangat sempit, Gambar SEM memiliki kedalaman yang dapat menghasilkan tampilan karakteristik tiga-dimensi yang berguna untuk mengetahui struktur permukaan spesimen.

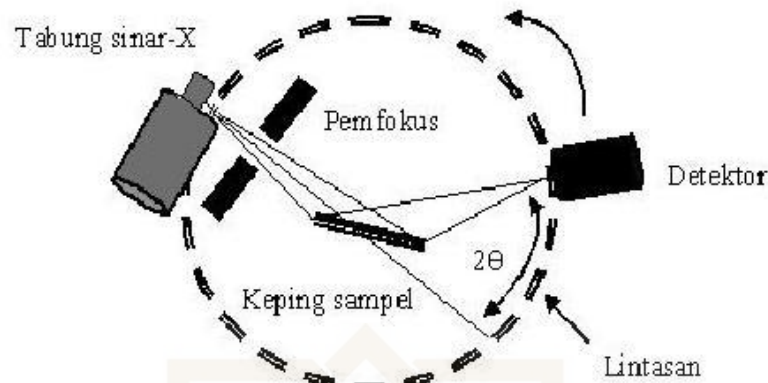
SEM memungkinkan beberapa perbesaran, dari sekitar 10 kali (sekitar setara dengan lensa tangan) sampai lebih dari 500.000 kali perbesaran, atau sekitar 250 kali kemampuan perbesaran mikroskop optik. Elektron yang menyebar kembali (BSE) merupakan sinar elektron yang tercermin dari spesimen dengan hamburan elastis. BSE sering digunakan dalam analisis SEM bersama dengan spektrum yang terbuat dari karakteristik sinar-X. Karena intensitas sinyal BSE sangat terkait dengan nomor atom (Z) dari spesimen, Gambar BSE dapat memberikan informasi tentang distribusi unsur yang berbeda dalam spesimen. Untuk alasan yang sama, pencitraan BSE dapat mengGambarkan label koloid emas immuno yang berdiameter 5 atau 10 nm, sehingga sulit atau mustahil untuk mendeteksi elektron sekunder pada Gambar spesimen biologis. Karakteristik sinar-X dipancarkan ketika sinar elektron menghilangkan elektron kulit bagian dalam dari spesimen, menyebabkan elektron yang energinya lebih tinggi untuk mengisi kulit dan melepaskan energi. Karakteristik sinar-X ini digunakan untuk mengidentifikasi komposisi dan mengukur kelimpahan unsur-unsur dalam spesimen. Skema SEM seperti pada Gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Skema SEM (Hidayati Esi, 2016)

3.3.4.2 Karakterisasi XRD

Difraksi sinar X (*X-ray Diffraction*) atau yang sering dikenal dengan XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Dalam XRD, terdapat beberapa komponen, antara lain : Slit dan film, monokromator, tabung sinar X, detektor, dan lain sebagainya (Purbo dkk, 2009). Skema XRD seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Skema XRD (www.rolanrusli.com, 2016)

Sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian elektron-elektron tersebut dipercepat terhadap suatu target dengan memberikan suatu voltase, dan menembak target dengan elektron. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan. Spektrum ini terdiri atas beberapa komponen-komponen, yang paling umum adalah $K\alpha$ dan $K\beta$. $K\alpha$ berisi, pada sebagian, dari $K\alpha_1$ dan $K\alpha_2$. $K\alpha_1$ mempunyai panjang gelombang sedikit lebih pendek dan dua kali lebih intensitas dari $K\alpha_2$.

Panjang gelombang yang spesifik merupakan karakteristik dari bahan target. Disaring, oleh kertas perak atau kristal *monochrometers*, yang akan menghasilkan sinar X monokromatik yang diperlukan untuk difraksi. Tembaga adalah bahan sasaran yang paling umum untuk difraksi kristal tunggal, dengan radiasi $\text{Cu } K\alpha = 0.15418 \text{ \AA}$. Sinar-X ini bersifat *collimated* dan mengarahkan ke sampel. Sampel dan detektor diputar, intensitas Sinar X pantul itu direkam. Ketika geometri dari peristiwa sinar-X tersebut memenuhi persamaan Bragg, interferens konstruktif terjadi dan suatu puncak di dalam intensitas terjadi. Detektor akan

merekam dan memproses isyarat penyinaran ini dan mengkonversi isyarat itu menjadi suatu arus yang akan dikeluarkan pada printer atau layar komputer. *X-Ray Diffraction* adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur fasa kristalin sampel yang berupa bubuk. Fasa kristalin tersebut akan mendifraksikan sinar-X menurut hukum Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Dengan : θ : sudut difraksi kisi kristal

d : jarak antar kisi

λ : panjang gelombang sinar-X

n : bilangan bulat : 1, 2, 3, ...

Hukum Bragg dapat dikatakan sebagai representasi non-vektorial dua dimensi sebagai syarat terjadinya difraksi. Disamping representasi dalam bentuk Hukum Bragg, terjadinya difraksi harus memenuhi 3 persamaan Laue. Tiga persamaan Laue bukan ‘sesuatu yang lain’ dalam konteks syarat terjadinya difraksi dipandang dari bahasa Hukum Bragg. Ketiga persamaan tersebut hanyalah representasi vektorial tiga dimensi dari syarat difraksi. Kegunaan XRD antara lain membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf, karakterisasi material kristal, identifikasi mineral-mineral yang berbutir halus, penentuan dimensi-dimensi sel satuan, menentukan struktur kristal, serta analisis kuantitatif dari mineral.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.4.1 Hasil Sintesis *Carbon Nanotube*

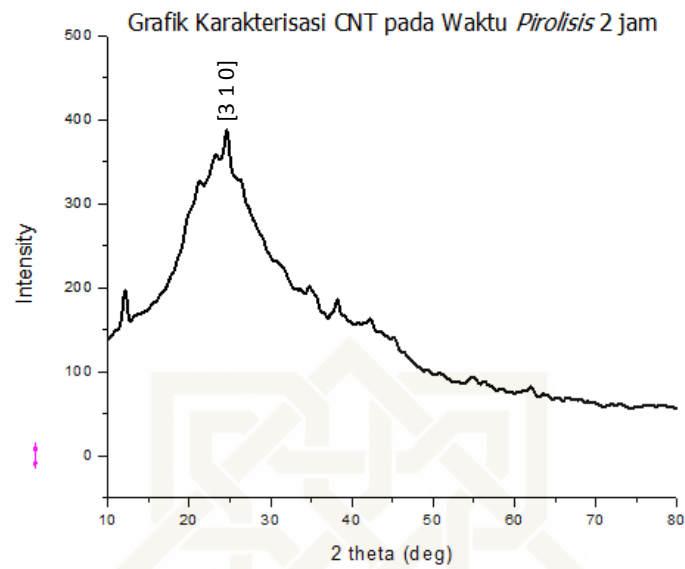
Carbon Nanotube hasil sintesis menggunakan metode *Chemical Vapour Deposition* dengan variasi waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam suhu 700°C disajikan dalam gambar berikut :



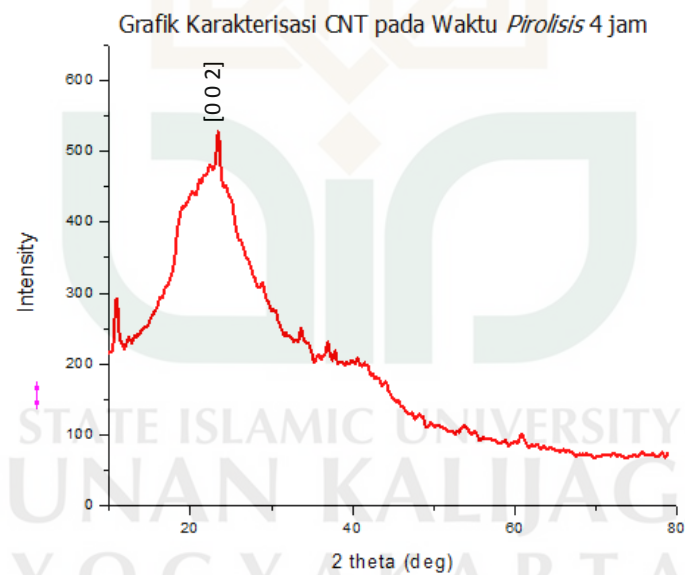
Gambar 4.1 Hasil sintesis CNT
(a) Waktu 2 jam (b) Waktu 4 jam (c) Waktu 6 jam

4.4.2 Hasil Uji Karakterisasi XRD

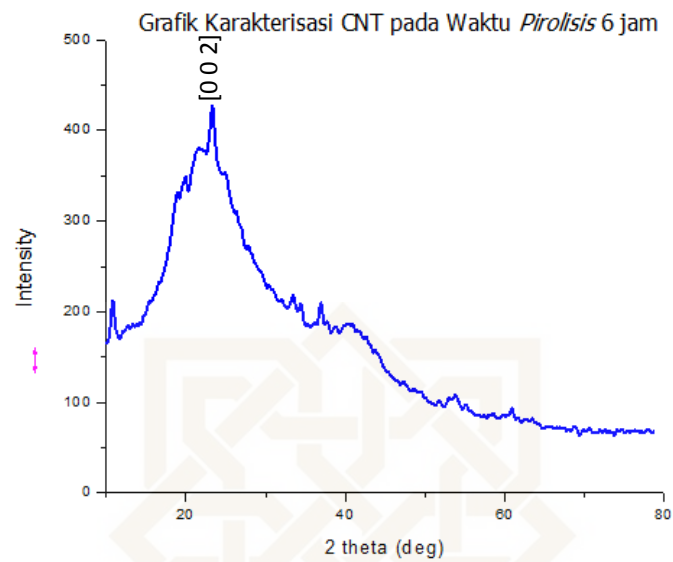
Uji XRD dilakukan untuk menentukan fasa difraksi CNT pada waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam di suhu 700°C menggunakan metode CVD. Hasil pola difraksi *carbon nanotube* dari ketiga sampel disajikan gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 2 jam. Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,29^\circ$ dengan indeks miller [3 1 0]

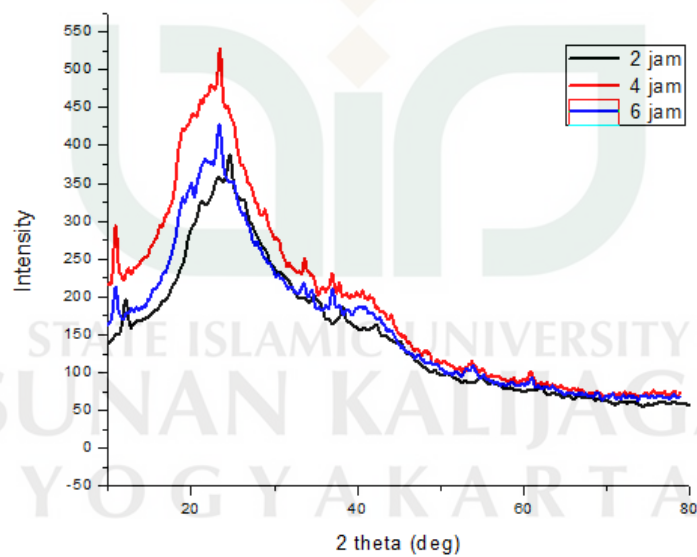


Gambar 4.3 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 4 jam Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,55^\circ$ dengan indeks miller [0 0 2]



Gambar 4.4 Pola fasa difraksi CNT waktu pirolisis 6 jam. Puncak tertinggi pada $2\theta = 23,49^\circ$ dengan indeks miller [0 0 2]

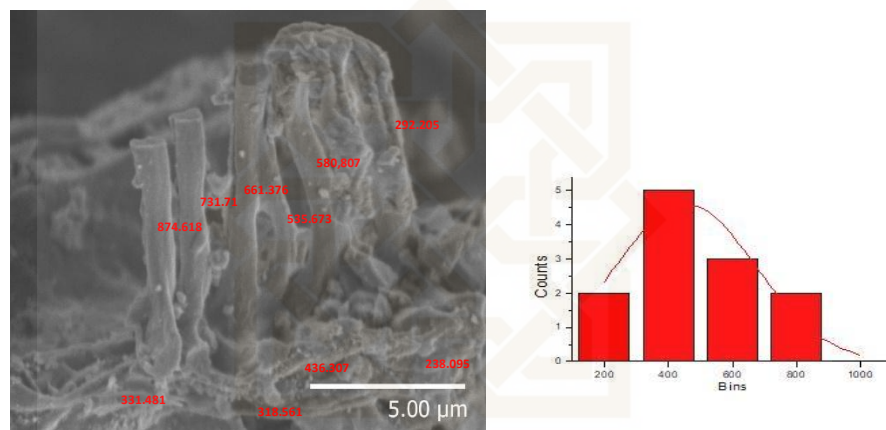
Grafik Karakterisasi CNT pada Waktu *Pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam



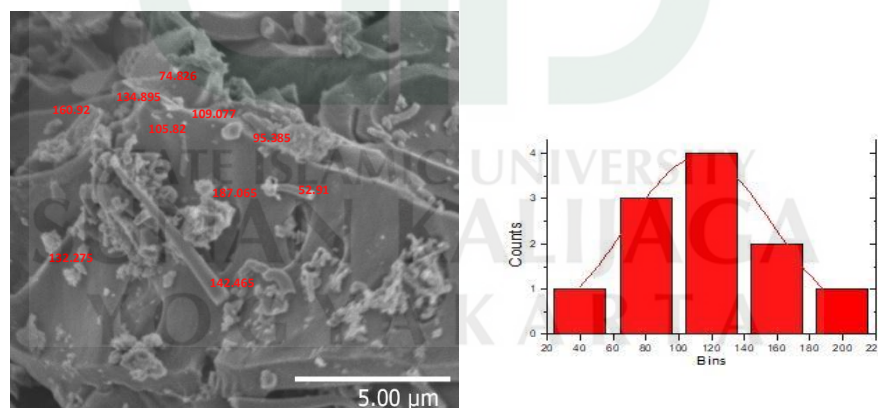
Gambar 4.5 Pola fasa difraksi CNT variasi waktu 2 jam, 4 jam dan 6 jam

4.4.3 Hasil Morfologi CNT

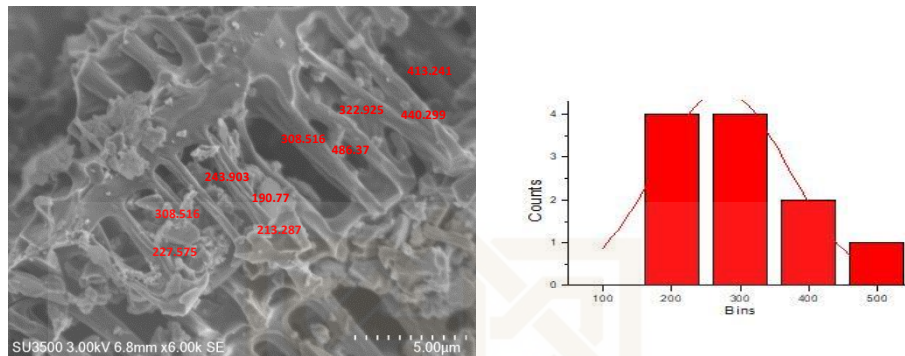
Uji Morfologi *carbon nanotube* pada waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam di suhu 700°C menggunakan metode CVD ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar 4.6 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 2 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 238,095 nm.



Gambar 4.7 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 4 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 52,91 nm.



Gambar 4.8 Morfologi SEM CNT waktu pirolisis 6 jam dan grafik distribusi ukuran diameter CNT didapatkan ukuran terkecil 190,77 nm.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini diawali dengan pemilihan bahan, khususnya tempurung kelapa. Tempurung kelapa yang dipilih disini adalah tempurung kelapa yang usianya tua. Tujuannya adalah agar proses pembakarannya akan lebih bagus karena kadar air yang sudah semakin sedikit saat tempurung kelapa semakin tua usianya. Tempurung kelapa dibersihkan dari serabutnya menggunakan gerindra lalu dipecah menjadi ukuran lebih kecil kurang lebih 3 cm. Selanjutnya, di *furnace* pada suhu 700°C kemudian dihaluskan menggunakan mortal hingga menghasilkan serbuk karbon. Serbuk karbon 30 gram, *ferrocene* 6 gram dan benzena 30 ml disintesis menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan proses *pirolisis* pada suhu 700°C. Dimana proses *pirolisis* ini merupakan pembakaran yang tertutup sehingga tidak ada oksigen atau sedikit oksigen di dalamnya dengan dialiri menggunakan Gas Argon (Ar). Digunakan variasi waktu 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada suhu 700°C. Serbuk karbon tempurung

kelapa dan benzena (C_6H_6) sebagai sumber karbon dan *ferrocene* ($Fe(C_5H_5)_2$) sebagai katalis atau pemercepat reaksi.

Metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dilakukan dengan mengalirkan sumber karbon melalui suatu sumber energi seperti sebuah plasma atau koil pemanas untuk mentransfer energi ke molekul karbon (Adrian dkk, 2015). Serbuk karbon, *ferrocene* dan benzena dimasukkan dalam tungku pemanas yang dialiri gas argon (Ar). Selama pemanasan molekul-molekul karbon, *ferrocene* dan benzena akan terputus secara termal kemudian akan terjadi reaksi dehidrogenasi, kondensasi cincin benzena dan cyclopentadiene. Benzena yang memiliki struktur heksagonal sering digunakan dalam pembuatan *carbon nanotube* daripada senyawa hidrokarbon yang lainnya. Kumpulan heksagonal dari benzena tadi akan membentuk lembaran grafit yang selanjutnya akan terbentuk CNT (*carbon nanotube*). Metode ini digunakan proses pirolisis dimana tidak adanya reaksi oksigen di dalamnya. Dimana semakin lama waktu pirolisis maka akan semakin bagus hasil CNT yang dihasilkan.

Biasanya, dari hasil pembuatan CNT, masih terdapat pengotor yang berupa logam ataupun karbon amorf dari sisa pembuatan yang tidak ikut terproses. Akibatnya kemurnian dari CNT menjadi berkurang dan menyebabkan kualitas dari CNT yang kurang maksimum, karena pengotor mengganggu sebagian sifat CNT yang diinginkan. Untuk memaksimalkan kontribusi dari CNT maka dilakukan proses pemurnian atau fungsionalisasi (Ahmad dkk, 2013). Tujuan dari fungsionalisasi ini adalah untuk menghilangkan pengotor pada CNT serta untuk pembentukan kelompok oksigen, khususnya gugus fungsi hidroksil atau karboksil

di permukaan CNT. Adanya kelompok oksigen yang berada di permukaan CNT akan memudahkan dalam pembuatan nanokomposit serta menjadi langkah yang sangat penting dalam meningkatkan adhesi antar muka. Sehingga, sifat unik dari CNT dapat berkontribusi secara optimum (Datsyuk, 2008).

Fungsionalisasi dilakukan dengan cara *reflux*. Sebanyak 30 gram CNT dicampur dengan 50 ml HNO_3 65%. Proses *reflux* ini berlangsung pada suhu sekitar 100°C selama 3 jam. Didinginkan sekitar 1 jam. Fungsionalisasi menggunakan asam kuat ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang dihasilkan saat sintesis CNT, diantaranya Fe, sisa *ferrocene* dan sisa benzena yang tidak terpirolisis. Larutan HNO_3 dipilih sebagai larutan pencuci karena sifatnya asam kuat yang mudah terionisasi menjadi H^+ dan NO_3^- , mudah menguap dan tidak melarutkan atau merusak struktur CNT yang dimurnikan. Menurut jurnal (Subagio, Agus dkk tahun 2013), beberapa logam seperti Al, Fe dan Cu menjadi bersifat pasif apabila dioksidasi di dalam HNO_3 . Sifat pasif dari logam tersebut disebabkan karena logam tertutupi oleh lapisan yang merintanginya, sehingga logam Fe yang menempel pada ujung CNT akan dapat terpisahkan. Selain itu, pemurnian dengan asam juga mampu mengurangi karbon-karbon yang tidak berbentuk tabung nano. Setelah proses *reflux* dan bahan sudah pada suhu ruang dilakukan proses pencucian menggunakan aquades dan aquabides. Tahap pencucian ini dilakukan 8-10 kali pencucian hingga pH netral. Selanjutnya CNT dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama kurang lebih 3 jam.

Tahap terakhir yang dilakukan yaitu uji karakterisasi XRD dan SEM pada CNT variasi waktu pirolisis. Hasil uji XRD variasi waktu pirolisis 2 jam, 4 jam dan 6 jam didapatkan pola hasil difraksi yang berbeda-beda. Suhu 700°C ini mengacu pada penelitian sebelumnya. XRD ini digunakan untuk mengetahui pola difraksi dari sintesis carbon nanotube, terbentuk kristal atau amorf. Gambar 4.2, 4.3, 4.4 memperlihatkan XRD CNT grafik intensitas vs posisi. Puncak tertinggi waktu pirolisis 2 jam pada $2\theta = 23,29^\circ$ dan puncak lainnya terdapat pada $42,25^\circ$. Puncak tertinggi waktu pirolisis 4 jam pada $2\theta = 23,55^\circ$ dan puncak lainnya terdapat pada $2\theta = 40,59$. Puncak tertinggi waktu pirolisis 6 jam pada $2\theta = 23,49^\circ$ dan puncak lainnya terdapat pada $2\theta = 42,61^\circ$, puncak-puncak tersebut merupakan struktur grafit heksagonal. Gambar 4.5 memperlihatkan secara garis besar pola difraksi dengan variasi waktu pirolisis terlihat pergeseran untuk masing-masing puncak, pergeseran tersebut menandakan masih terdapat pengotor. Struktur grafit kristal yang diperoleh CNT ini diwakili oleh dua puncak utama. Tinggi rendahnya puncak yang dihasilkan dari karakterisasi XRD dipengaruhi oleh proses aktivasi yang menyebabkan terjadinya pergeseran pelat heksagonal yang semula tingkat keteraturannya tinggi (*kristalin*) menjadi tidak beraturan (*amorf*) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tanaka dkk (1997). Hasil SEM didapatkan ukuran saat 2 jam 238,095 nm, saat 4 jam 52,91 nm dan saat 6 jam 190,77 nm. Ukuran terkecil terlihat saat waktu pirolisis 4 jam yaitu 52,91 nm dengan morfologi permukaannya terlihat tabung yang panjang-panjang. Pengaruh variasi waktu pirolisis ini menghasilkan ukuran *carbon nanotube* yang kecil dan kristalinitas yang tinggi.

Tabel 4.1 Hasil karakterisasi SEM dan XRD

Waktu Pirolisis	2 θ (°)	Ukuran SEM (nm)
2 jam	23, 29 dan 42,25	238,095
4 jam	23,55 dan 40,59	52,91
6 jam	23,49 dan 42,61	190,77

4.3 Integrasi-Interkoneksi

Allah SWT telah menciptakan karbon di muka bumi dengan begitu melimpah. Karbon memiliki bentuk alotrop yang berbeda, contoh dari alotrop karbon adalah grafit dan intan. Senyawa karbon merupakan molekul yang mengandung atom karbon. Dalam firman Allah dalam Q.S Yasin : 80.

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا ۖ فَإِذَا أَنْتُمْ مِّنْهُ تُوقِدُونَ ٨٠

Yang artinya : "Yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu. ”.

Ayat diatas menjelaskan mengenai الشَّجَرِ (pohon kayu) tumbuhan hijau yang melakukan proses pembakaran yang menghasilkan gas oksigen dan unsur karbon. Kedua unsur ini (karbon dan oksigen) merupakan unsur penting untuk menghasilkan نَارًا (api) dengan proses pembakaran sempurna.

Dalam tafsir Quraish Shihab dijelaskan Tuhan yang menciptakan api dari pohon hijau setelah mengalami pengeringan. Kekuatan surya dapat berpindah ke dalam tumbuh-tumbuhan melalui proses asimilasi sinar. Sel tumbuh-tumbuhan yang mengandung zat hijau daun (klorofil) mengisap karbondioksida dari udara. Sebagai akibat terjadinya interaksi antara gas karbondioksida dan air yang diserap oleh tumbuh-tumbuhan dari dalam tanah, akan dihasilkan zat karbohidrat berkat bantuan sinar matahari. Proses tersebut terbentuk kayu yang pada dasarnya terdiri atas komponen kimiawi yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Dari

kayu itu, manusia kemudian membuat arang sebagai bahan bakar. Daya yang tersimpan di dalam arang itu akan keluar ketika ia terbakar. Daya itu sendiri dapat dimanfaatkan untuk keperluan memasak, penghangatan, penerangan dan lain-lain. Batu bara yang kita kenal itu pun pada mulanya adalah pohon yang tumbuh dan membesar melalui proses asimilasi sinar tadi, kemudian mengalami penghangatan dengan cara tertentu sehingga berubah menjadi batu bara setelah berjuta tahun lamanya akibat pengaruh faktor geologi seperti panas, tekanan udara dan sebagainya. Perlu diketahui pula kiranya bahwa kata "akhdlar" ('hijau') dalam ayat ini bukan disebut secara kebetulan tanpa maksud. Frase "min al-syajar al-akhdlar" yang berarti 'dari pohon yang hijau' itu justru menunjuk kepada zat hijau daun yang sangat diperlukan dalam proses asimilasi gas karbondioksida.

Model skripsi ini adalah model konfirmatif, yaitu mengkonfirmasi mengenai api yang dapat menghasilkan karbon dan memberi manfaat dalam kehidupan sehari-hari serta mempunyai nilai jual yang tinggi saat sudah diolah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dilakukan sintesis CNT (*Carbon nanotube*) menggunakan metode CVD (*Chemical Vapour Deposition*) dengan variasi lama waktu *pirolisis* 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada suhu 700°C.
2. Hasil Karakterisasi SEM dan XRD variasi waktu *pirolisis* 2 jam didapatkan $2\theta=23,29^\circ$ dan ukuran partikel 238,095 nm, saat 4 jam didapatkan $2\theta=23,55^\circ$ dan ukuran partikel 52,91 nm, saat 6 jam didapatkan $2\theta=23,49^\circ$ dan ukuran partikel 190,77 nm.
3. Waktu *pirolisis* berpengaruh pada kristalinitas, dimana pada waktu *pirolisis* 4 jam didapat tingkat kristalinitas tinggi dan didapat hasil karakterisasi CNT yang kecil didapatkan ukuran terkecil 52 nm pada waktu *pirolisis* 4 jam

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki ataupun dikembangkan diantaranya yaitu :

1. Tempurung kelapa mempunyai usia yang homogen
2. Dalam proses fungsionalisasi CNT perlu dilakukan dengan waktu yang lebih lama agar tidak terdapat pengotor dalam CNT

DAFTAR PUSTAKA

- Andizej. 2010. Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: *The effect of fibre physical, chemical and surface properties*. Elsevier: *Composites Science and Technology*. hal 843
- Adrian N., Paryanto, Arif Jumari, Endah Retno Dyartanti. 2007. *Sintesis Karbon Nanotube dari Etanol dengan Metode Chemical Vapor Deposition*. Universitas Sebelas Maret.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Perkebunan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- Bansal .C.R. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. CRC Press: Taylor & Francis Group
- Departemen Agama RI. 1992. *Al-qur'an dan Terjemahan*. Jakarta, Penerbit : PT Tanjung Mas Inti Semarang
- Guldi .D dan Martin .N. 2010. *Carbon Nanotube and Related Struktire: Synthesis, Characterization, Functionalization and Applications*. Wiley-VCH Gmbh & Kgaa
- Hidayati, E. 2015. *Kajian Proses Pembuatan Briket Tempurung Kelapa dan Uji Proksimatnya*. Laporan Kerja Prakterk: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Joris .S.N dan Onggo.D. 2004. *Peran Surfaktan dalam Inseri Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNT)*. Institut Teknologi Bandung
- Lee.O, Jung .J, Doo .S, Kim .S.S, Noh .T.H, Kim .K.I dan Lim .Y.S. 2010. *Effects of Temperature and Catalysts on the Synthesis of Carbon Nanotubes by Chemical Vapor Deposition*. Springer
- Melati .A dan Hidayati .E. 2015. *Synthesis and Characterization of Carbon Nanotube from Coconut Shell Activated Carbon*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Seacomp: Journal of physics
- Meyyapan. 2004. *Carbon Nanotube Science and Aplication*. (NASA Ames Research Center Moffett Field, CA CRC PRESS, Boca Raton London New York Washington, D.C)
- Noor .F.A dan Khairurrijal, 2009. *Kajian Pembuatan Nanotube Karbon dengan menggunakan metode Spray-Pirolisis*. Research Gate. Jurnal: Nanosains Teknologi. ISSN 1979-0880

- Palungkun, R. 2001. *Aneka Produk Olahan Kelapa*, Cetakan ke Sembilan. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rashid.H.U, Yu .K, Umar .M.N, Anjum .M.N, Khan .K, Ahmad .N dan Jan .M.T. 2014. *Catalyst Role in Chemical Vapor Deposition (CVD) Process: A Review*. Sarhad University of Science and Information Technology Pakistan.
- Sains Stuff. 2009. *MSDS Nitric Acid*. Science stuff, Inc.
- Sains Lab. 2009. *MSDS Ferrocene*. Chemical Product and Company Indentification
- Sains Lab. 2010. *MSDS Benzene*. Science Lab. Chemical & Laboratory Equipment
- Setyaningsih .Y, Pardoyo dan Subagio .A . 2013. *Fungsionalisasi CNT (Carbon Nanotube) Hasil Spray-Pirolisis dengan Optimasi Perlakuan Waktu Refluks dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Kloroform*. Skripsi S-1 Jurusan Kimia. UNDIP.
- Shihab.Q.M.2009. *Tafsir Al-Misbah*. Ciputat: Lentera Hati
- Sinnot, S.B dan Andrews, R. 2001. *Carbon Nanotubes: Synthesis, Properties and Applications*. Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences.
- Subagio.A dan Gunawan .V. 2013. *Studi Temperatur Penumbuhan Carbon Nanotubes (CNT) yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spray Pyrolisis*. Jurusan Kimia Universitas Diponegoro
- Susanti R dan Handayani .S 2013. *Studi Pengaruh Jenis dan Komposisi Katalis pada Proses Pertumbuhan Carbon nanotube (CNT) dengan Metode Catalytic Chemical Vapour Deposition (CCVD)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Zurairah .M. 2009. *Preparasi Dan Karakterisasi Karbon Nanotube Dengan Metode Chemical Vapour Deposition*. 2016. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2016, 30-31 May 2016, Medan