

**SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI *CHLORELLA SP.* DAN KATALIS  
*FERROCENE* DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN  
PIROLISIS**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh :

**Jessen Nathanael (6141801003)**

Pembimbing :

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

**Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2022**

**SYNTHESIS OF NANO CARBON FROM CHLORELLA SP. AND FERROCENE  
CATALYST BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION AND PYROLYSIS  
METHOD**

**Research Report**

Compiled to fulfill the final task to achieve  
Bachelor's degree in Chemical Engineering

By :

**Jessen Nathanael (6141801003)**

Academic Consultant :

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

**Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.**



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
BANDUNG**

**2022**

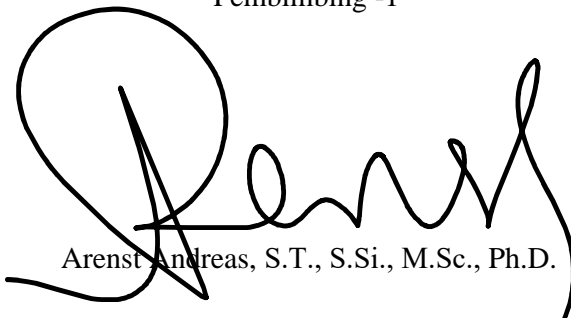
**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI *CHLORELLA SP.* DAN KATALIS *FERROCENE* DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN PIROLISIS**

**CATATAN :**

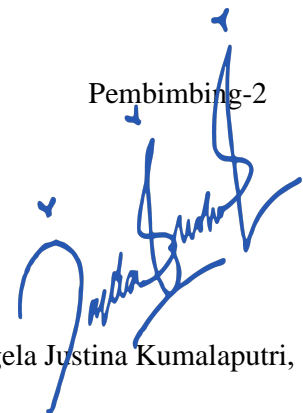
Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 16 Februari 2022

Pembimbing -1



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

Pembimbing-2



Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

### SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jessen Nathanael

NPM : 6141801003

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI *CHLORELLA SP.* DAN KATALIS  
*FERROCENE* DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN  
PIROLISIS**

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

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

Bandung, 10 Februari 2022



Jessen Nathanael

(6141801003)

**LEMBAR REVISI**

**JUDUL : SINTESIS MATERIAL KARBON NANO DARI *CHLORELLA SP.*  
DAN KATALIS *FERROCENE* DENGAN METODE KARBONISASI  
HIDROTERMAL DAN PIROLISIS**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 16 Februari 2022

Dosen Penguji I



**Ratna Frida Susanti, S.T., M.T.**

Dosen Penguji II



**Jessen Chrisyla, B.Sc., M.Sc.**

## INTISARI

Material nano merupakan bahan yang saat ini banyak dikembangkan karena permintaannya yang cukup banyak di pasar global. Biomassa merupakan bahan baku padatan alternatif yang dapat digunakan untuk menyintesis karbon nano karena terbarukan dan juga ekonomis. Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan adalah *Chlorella sp.* dalam wujud padatan atau bubuk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu pirolisis langsung serta karbonisasi hidrotermal dan pirolisis. Sebelum memasuki tahap pirolisis, *Chlorella sp.* dicampurkan terlebih dahulu dengan campuran katalis *ferrocene* dan nikel nitrat dengan variasi rasio berat 10 dan 20 %. Selanjutnya, untuk metode karbonisasi hidrotermal dan pirolisis dilakukan pemanasan pada reaktor *autoclave* dengan temperatur 200 °C lalu dibilas dan dikeringkan. Setelah proses karbonisasi, *hydrochar* yang terbentuk dicampurkan katalis *ferrocene* dan nikel nitrat kembali dengan variasi konsentrasi sebesar 5 dan 20 % dan dimasukkan ke dalam *furnace* dengan temperatur 830 °C. Untuk metode pirolisis langsung, setelah tahap pencampuran dan pengeringan, campuran tersebut dimasukkan langsung ke dalam *furnace* dengan variasi temperatur yang sama. Sampel yang diperoleh akan dikarakterisasi lebih lanjut dengan menggunakan metode SEM-EDS dan XRD. Dari hasil karakterisasi tersebut, lebih lanjut diamati pengaruh dari tahap karbonisasi dan konsentrasi katalis terhadap perolehan, komposisi, dan kristalinitas karbon nano.

Dari penelitian ini diperoleh karbon nano berbentuk *sphere* yang merupakan hasil dari proses karbonisasi hidrotermal dan pirolisis. *Yield* massa karbon nano paling tinggi adalah sebesar 30,9 % dengan variasi konsentrasi katalis sebesar 10 % sebelum tahap karbonisasi hidrotermal dan 5 % sebelum tahap pirolisis. Penambahan proses karbonisasi hidrotermal pada karbon prekursor mengakibatkan peningkatan struktur kristalin pada karbon nano. Persen kristalinitas paling tinggi terdapat pada sampel dengan komposisi unsur Fe terendah yaitu sebesar 22,34 %. Penambahan katalis pada saat impregnasi atau sebelum proses karbonisasi hidrotermal dapat meningkatkan komposisi unsur C sedangkan penambahan tepat sebelum proses pirolisis akan menurunkan komposisi unsur C. Dari hasil karakterisasi XRD, keempat sampel memiliki sifat amorf.

Kata kunci : Karbon nano, *Chlorella sp.*, karbonisasi hidrotermal, pirolisis, *ferrocene*

## ABSTRACT

*Nanomaterials are materials that are currently being developed due to the high demand in the global market. Biomass is an alternative solid raw material that can be used to synthesize carbon nano because it is renewable and economical. In this research, the raw material used is Chlorella sp. in solid or powder form. There are two methods used in this research, namely direct pyrolysis and hydrothermal carbonization and pyrolysis. Before entering the pyrolysis stage, Chlorella sp. first mixed with a mixture of ferrocene and nickel nitrate catalysts with various weight ratios of 10 and 20%. Furthermore, for the hydrothermal carbonization and pyrolysis methods, heating was carried out in an autoclave reactor at a temperature of 200 °C and then rinsed and dried. After the carbonization process, the hydrochar formed was mixed with ferrocene catalyst and nickel nitrate again with concentration variations of 5 and 20% and put into a furnace with a temperature of 830 °C. For the direct pyrolysis method, after the mixing and drying stages, the mixture is fed directly into the furnace with the same temperature variation. The samples obtained will be further characterized by using SEM-EDS and XRD methods. From the results of the characterization, further observed the effect of the carbonization step and catalyst concentration on the recovery, composition, and crystallinity of carbon nano.*

*From this research, it is obtained that carbon nano is in the form of a sphere which is the result of hydrothermal carbonization and pyrolysis processes. The highest mass yield of nano carbon was 30.9% with a variation of catalyst concentration of 10% before the hydrothermal carbonization stage and 5% before the pyrolysis stage. The addition of the hydrothermal carbonization process to the precursor carbon resulted in an increase in the crystalline structure of the nano carbon. The highest percentage of crystallinity was found in the sample with the lowest composition of Fe, which was 22.34%. The addition of a catalyst at the time of impregnation or before the hydrothermal carbonization process can increase the elemental composition of C, while the addition just before the pyrolysis process will decrease the elemental composition of C. From the XRD characterization results, the four samples have amorphous properties.*

*Keywords: Nano carbon, Chlorella sp., hydrothermal carbonization, pyrolysis, ferrocene*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat dan berkat-Nya sehingga penulisan laporan penelitian dengan judul “Sintesis Material Karbon Nano dari *Chlorella Sp.* dan Katalis *Ferrocene* dengan Metode Karbonisasi Hidrotermal dan Pirolisis” dengan tepat waktu. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Dalam penyusunan laporan penelitian ini, tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan yang diberikan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Arenst Andreas, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu pengetahuan, waktu, dan saran sepanjang proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
3. Teman-teman di Program Studi Teknik Kimia UNPAR atas dukungan dan saran kepada penulis.
4. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, saran, dan masukan yang membangun agar dapat mengembangkan penulis. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap laporan penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis namun juga bagi pembaca.

Bandung, 10 Februari 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
SURAT PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian.....	4
1.3 Identifikasi Masalah Penelitian.....	5
1.4 Premis .....	5
1.5 Hipotesis .....	5
1.6 Tujuan Penelitian .....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	10
2.1 <i>Carbon Nanotubes</i> .....	10
2.1.1 Sifat Mekanik <i>Carbon Nanotubes</i> .....	11
2.1.2 Sifat Termal <i>Carbon Nanotubes</i> .....	12
2.2 Metode Sintesis <i>Carbon Nanotubes</i> .....	13
2.2.1 <i>Arc Discharge</i> .....	13
2.2.2 <i>Laser Ablation</i> .....	14
2.2.3 <i>Chemical Vapor Deposition</i> .....	15
2.2.4 Perbandingan Keunggulan dan Kelemahan Metode Sintesis CNT.....	16
2.3 Mikroalga.....	17
2.3.1 <i>Chlorella sp.</i> .....	17
2.4 Karbonisasi Hidrotermal.....	19
2.5 Pirolisis .....	20
2.6 Katalis .....	22
2.7 Karakterisasi <i>Carbon Nanotubes</i> .....	23

2.7.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	24
2.7.2	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> .....	25
2.8	Pengaruh Variabel terhadap Sintesis <i>Carbon Nanotubes</i> .....	25
2.8.1	Temperatur.....	25
2.8.2	Katalis.....	27
BAB III BAHAN DAN METODE .....		29
3.1	Tahap Penelitian .....	29
3.2	Alat dan Bahan.....	29
3.2.1	Alat .....	29
3.2.2	Bahan .....	30
3.3	Rangkaian Alat .....	30
3.4	Prosedur Penelitian .....	32
3.4.1	Impregnasi .....	32
3.4.2	Karbonisasi Hidrotermal.....	32
3.4.3	Pirolisis .....	32
3.4.4	Karakterisasi CNT .....	35
3.5	Rancangan Penelitian.....	35
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	35
BAB IV PEMBAHASAN .....		37
4.1	Perolehan Material Karbon Nano .....	37
4.2	Karakterisasi SEM.....	39
4.2.1	Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis .....	39
4.3	Karakterisasi XRD .....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		43
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA.....		44
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET .....		48
LAMPIRAN B CONTOH PERHITUNGAN .....		52
B.1	Perhitungan <i>Yield</i> .....	52

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> <i>Compound Annual Growth Rate</i> Material Nano Secara Global .....	1
<b>Gambar 1. 2</b> Mikroalga di Pantai Indonesia .....	4
<b>Gambar 2. 1</b> Penjelasan Sudut Kiral Atom Karbon .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Jenis Carbon Nanotubes Berdasarkan Sudut Kiral Atom Karbon .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> (a) Multi-Walled Carbon Nanotubes dan (b) Single-Walled Carbon Nanotubes .....	11
<b>Gambar 2. 4</b> Rangkaian Alat Arc Discharge .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Rangkaian Alat Laser Discharge.....	15
<b>Gambar 2. 6</b> Rangkaian Alat Chemical Vapor Deposition.....	16
<b>Gambar 2. 7</b> Sel Mikroalga.....	18
<b>Gambar 2. 8</b> Skema Proses Karbonisasi Hidrotermal.....	19
<b>Gambar 2. 9</b> Skema Proses Pirolisis Mikroalga.....	21
<b>Gambar 2. 10</b> Proses Pendekomposisian Ferrocene .....	22
<b>Gambar 2. 11</b> Mekanisme Pertumbuhan Carbon Nanotubes pada Katalis (a) Tip-growth Model (b) Base-growth Model .....	23
<b>Gambar 2. 12</b> Hasil Karakterisasi Raman Spectroscopy dari g-MWCNT dan MWCNT .....	.....
<b>Gambar 2. 13</b> Model Representasi Pantulan dari Permukaan Kristal.....	24
<b>Gambar 3. 1</b> Autoklaf Teflon.....	31
<b>Gambar 3. 2</b> Furnace.....	31
<b>Gambar 3. 3</b> Oven .....	31
<b>Gambar 3. 4</b> Skema Tahap Penelitian (Variasi dengan Tahap Karbonisasi Hidrotermal)	33
<b>Gambar 3. 5</b> Skema Tahap Penelitian (Variasi Tanpa Tahap Karbonisasi Hidrotermal) ..	34
<b>Gambar 4. 1</b> Perbandingan Karakterisasi SEM (a) H10-05 (b) TH10-05 .....	39
<b>Gambar 4. 2</b> Perbandingan Karakterisasi SEM (a) H10-05 (b) H10-20 (c) H20-20 .....	40
<b>Gambar 4. 3</b> Hasil Karakterisasi XRD dari Keempat Sampel.....	42

## DAFTAR TABEL

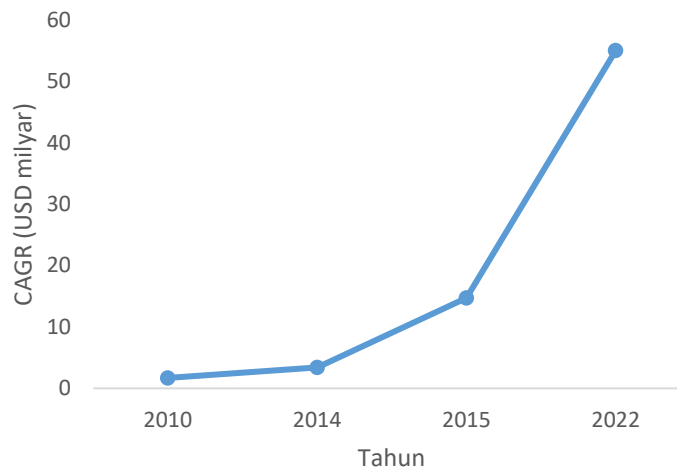
<b>Tabel 1. 1</b> Tabel Premis .....	7
<b>Tabel 2. 1</b> Perbandingan SWCNT dan MWCNT .....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Perbandingan <i>Carbon Nanotubes</i> dengan Material Lain.....	12
<b>Tabel 2. 3</b> Perbandingan Metode Sintesis <i>Carbon Nanotubes</i> .....	16
<b>Tabel 2. 4</b> Komposisi <i>Chlorella sp.</i> dan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	19
<b>Tabel 2. 5</b> Sifat-Sifat <i>Ferrocene</i> .....	23
<b>Tabel 2. 6</b> Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap <i>Tensile Strength CNT</i> .....	28
<b>Tabel 3.1</b> Tabel Rancangan Penelitian.....	35
<b>Tabel 3.2</b> Jadwal Kerja Penelitian .....	36
<b>Tabel 4. 1</b> Perbandingan Yield Hydrochar dengan Variasi Konsentrasi Katalis.....	37
<b>Tabel 4. 2</b> Perbandingan Yield Char.....	38
<b>Tabel 4. 3</b> Perbandingan Yield Karbon Nano dari Hydrochar.....	38
<b>Tabel 4. 4</b> Perbandingan Yield Karbon Nano dari Char.....	38
<b>Tabel 4. 5</b> Perbandingan Komposisi Karbon Nano .....	40
<b>Tabel 4. 6</b> Perbandingan Kristalinitas .....	41

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material nano merupakan bahan baku yang banyak diminati beberapa tahun belakangan ini. *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) dari material nano terlihat meningkat dari tahun ke tahun (Gambar 1.1). Keunggulan material nano dari bahan lain berada pada ukuran, sifat fisika, dan sifat mekaniknya. Pengaplikasian material nano ini terdapat pada bidang penyimpanan energi, konstruksi, elektronik, dan pertahanan (Inshakova dan Inshakov, 2017). Salah satu material nano yang populer adalah *carbon nanotubes*. *Carbon Nanotubes* atau CNTs merupakan lembaran grafit yang bergulung membentuk silinder (Pitroda, 2016). CNT pertama ditemukan pada tahun 1991 oleh Sumio Iijima dan terus dikembangkan oleh para ilmuwan karena memiliki struktur dan sifat yang unik (Mathur, 2016).



**Gambar 1. 1** *Compound Annual Growth Rate* Material Nano Secara Global (Inshakova dan Inshakov, 2017)

CNT memiliki keunggulan dalam karakteristiknya yang dapat digunakan untuk menjadi sumber bahan baku alternatif. CNT memiliki ukuran yang sangat kecil dan ringan serta memiliki konduktivitas sebesar 1054-2000 GPa. *Tensile strength* (75-150 GPa) dan modulus elastisitas dari CNT tergolong baik sehingga menyebabkan CNT menjadi material yang cukup kuat dan kaku (Meyyappan, 2005). Sifat-sifat tersebut dapat diaplikasikan ke

dalam teknologi dari berbagai bidang seperti *nano balance*, *magnetic nanotubes*, komposit, polimer, penyimpanan tenaga surya, dan penyimpanan hidrogen (Pitroda, 2016).

Sintesis CNT dapat dilakukan dengan beberapa cara dan kondisi operasi tertentu. Metode yang umum digunakan pada sintesis CNT adalah *arc discharge*, *laser ablation*, dan *Chemical Vapor Deposition (CVD)* dengan keunggulan dan kelemahannya masing-masing (Yan dkk., 2012). Pada sintesis CNT terdapat beberapa faktor yang akan menentukan karakteristik dan jumlah dari CNT yang terbentuk. Faktor yang pertama adalah karbon prekursor yang digunakan yang akan mempengaruhi bentuk dari CNT. Jika menggunakan karbon prekursor linear seperti metana dan etilen maka akan menghasilkan CNT yang lurus dan berongga, sedangkan jika menggunakan karbon prekursor berbentuk siklik seperti benzena dan xilena maka akan menghasilkan CNT yang bengkok (Kumar, 2011). Faktor yang kedua adalah katalis. Katalis yang umum digunakan adalah katalis yang tergolong *organometallocenes* seperti *ferrocene*, *cobaltocene*, dan *nickleocene*. Katalis tersebut memiliki unsur karbon dengan tingkat kelarutan dan difusivitas yang tinggi. Faktor yang terakhir adalah kondisi operasi seperti temperatur dan waktu reaksi yang mempengaruhi struktur, kristalinitas, dan jumlah dari CNT yang diperoleh.

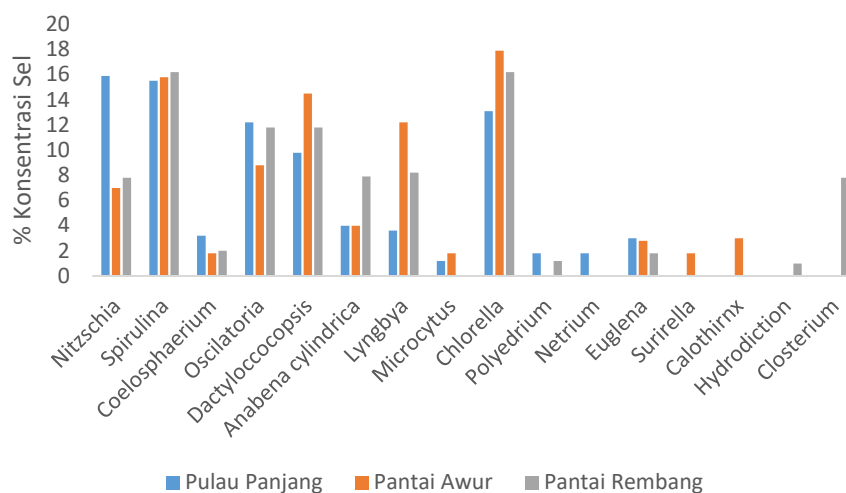
Sampai saat ini masih terdapat kendala dalam menyintesis CNT dengan menggunakan ketiga metode yang sebelumnya disebutkan. Metode *arc discharge* dan *laser ablation* memerlukan biaya yang mahal untuk menghasilkan CNT karena temperatur yang digunakan cukup tinggi. Temperatur yang tinggi memerlukan energi yang tinggi pula dan kondisi seperti ini sulit untuk diubah ke skala yang lebih besar. Metode *chemical vapor deposition* tidak memerlukan energi sebesar dua metode lainnya juga mudah jika ingin digunakan dalam industri. Namun metode ini menggunakan gas yang digunakan berupa gas beracun dan eksplosif (Yan dkk., 2012; Rahman dkk., 2014).

Selain beberapa metode di atas terdapat metode lainnya untuk mensintesis CNT dari karbon prekursor berwujud cair yaitu *nebulized spray pyrolysis* atau *liquid pyrolysis*. Metode ini diadaptasi dari metode *chemical vapor deposition* yang menggunakan katalis dengan campuran karbon prekursor berwujud aerosol (Prasek dkk., 2011). Tidak hanya berbahan dasar wujud cair, pirolisis dapat dilakukan menggunakan karbon prekursor berwujud padat. Metode pirolisis dapat dikombinasikan dengan karbonisasi hidrotermal untuk menghasilkan CNT dari bahan baku biomassa.

Karbonisasi hidrotermal ini berguna untuk mendapatkan permukaan dari karbon prekursor yang aktif. Permukaan dari karbon prekursor akan dipenuhi oleh gugus fungsi oksigen seperti karboksilik, hidroksilik, dan kuinon (Fathy, 2017). Pirolisis adalah proses degradasi termal dari biomassa dengan menggunakan oksigen (Yang dkk., 2019). Metode pirolisis ini memerlukan biaya yang murah dan dapat dilakukan dalam skala besar (Ghosh dkk., 2020). Metode pirolisis juga berbahan dasar biomassa yang pada umumnya berbentuk padatan sehingga tidak akan membutuhkan gas yang beracun. Karbonisasi hidrotermal dan pirolisis dapat digunakan sebagai metode alternatif sintesis CNT.

Karbon prekursor yang digunakan sebagai bahan baku CNT dapat berfasa gas, cair, atau padat. Pada umumnya material yang digunakan untuk sintesis CNT adalah hidrokarbon dalam bentuk cair atau gas seperti etanol, metana, dan etilena (Mubarak dkk., 2014). Hidrokarbon tersebut bukan merupakan bahan baku yang dapat diperbaharui. Sebagai pengganti hidrokarbon tersebut dapat digunakan biomassa sebagai karbon prekursornya. Salah satu biomassa yang dapat diperbaharui secara cepat adalah mikroalga. Mikroalga mempunyai kemampuan untuk berfotosintesis dan tumbuh dengan bantuan air, nutrisi, dan CO<sub>2</sub>. Fotosintesis menyebabkan mikroalga kaya akan protein, karbohidrat, dan juga lemak. Kandungan karbon dalam mikroalga dapat mencapai 40-50 % sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik sebagai sumber karbon (Yang dkk., 2019).

Indonesia merupakan negara yang memiliki garis pantai kedua terpanjang di dunia dengan panjang 95.181 km (Kementrian Kelautan dan Perikanan RI, 2019) sehingga merupakan tempat bertumbuh mikroalga yang luas. Selain tempat yang luas, iklim dan temperatur di Indonesia cocok untuk menjadi tempat mikroalga tumbuh. Hadiyanto dkk., 2012 meneliti pertumbuhan mikroalga pada 3 pantai di Indonesia dan hasilnya adalah sebagai berikut (Gambar 1.2).



**Gambar 1. 2** Mikroalga di Pantai Indonesia (Hadiyanto dkk., 2012)

Pada Gambar 1.2 ini dapat diketahui bahwa jumlah mikroalga terbesar adalah mikroalga dengan jenis *Chlorella* dan *Spirulina*. Pertumbuhan mikroalga yang besar ini menandakan sumber bahan baku terbarukan yang masih banyak di Indonesia namun masih sedikit yang mengolah mikroalga tersebut (Rahmawati, 2015).

Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan adalah *Chlorella sp.* dalam bentuk bubuk untuk menyintesis CNT. Terdapat dua metode yang digunakan yaitu pirolisis langsung serta karbonisasi hidrotermal dan pirolisis. Pada setiap metode divariasikan jumlah katalis yang digunakan dalam rasio massa *Chlorella sp.* per massa katalis *ferrocene*. Lalu, pada proses pirolisis divariasikan temperatur operasinya. Lebih lanjut akan dilanjutkan karakterisasi CNT yang terbentuk dengan metode SEM, XRD, BET, dan Raman *Spectroscopy*. Hasil karakterisasi tersebut akan diamati pengaruh dari tahap karbonisasi, temperatur operasi, dan jumlah katalis yang digunakan terhadap jumlah, struktur, morfologi, dan kristalinitas dari sampel.

## 1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis karbon nano yang disintesis dari *Chlorella sp.* dan katalis *ferrocene* menggunakan metode pirolisis langsung serta karbonisasi hidrotermal dan pirolisis. Rasio massa katalis per massa *Chlorella sp.* akan divariasikan. Hasil dari penelitian ini akan dikarakterisasi dan diamati pengaruh dari tahap karbonisasi



hidrotermal dan konsentrasi katalis terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas karbon nano.

### 1.3 Identifikasi Masalah Penelitian

1. Bagaimana pengaruh tahap karbonisasi hidrotermal pada awal proses sintesis terhadap jumlah, morfologi, dan karbon nano yang diperoleh?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas karbon nano yang diperoleh?

### 1.4 Premis

Studi pustaka dan literatur yang berkaitan dengan tema penelitian ini dapat dilihat melalui Tabel 1.1 di bawah ini.

### 1.5 Hipotesis

1. Tahap karbonisasi hidrotermal meningkatkan permukaan aktif dari meningkatkan kristalinitas dari material karbon nano yang terbentuk.
2. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi katalis maka semakin menurun jumlah karbon nano dan %kristalinitasnya semakin rendah.

### 1.6 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh tahap karbonisasi hidrotermal terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas karbon nano yang diperoleh.
2. Mempelajari pengaruh variasi konsentrasi katalis terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas karbon nano yang diperoleh.

### 1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti maupun masyarakat luas, seperti:

#### 1. Bagi Peneliti

1. Mampu mengetahui proses sintesis CNT dengan menggunakan 2 metode yaitu karbonisasi hidrotermal dan pirolisis serta pirolisis langsung dari *Chlorella sp.*
2. Mampu mengetahui pengaruh tahap karbonisasi, konsentrasi katalis, dan temperatur operasi terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas CNT yang terbentuk.

#### 2. Bagi Dunia Industri

1. Mampu menghasilkan CNT dalam jumlah banyak dengan menggunakan sumber daya terbaru berupa mikroalga.

2. Mampu menghasilkan CNT dengan metode karbonisasi hidrotermal dan pirolisis yang relatif murah.

### **3. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**

1. Memberikan wawasan baru tentang sintesis CNT dari sumber daya terbarukan berupa mikroalga dengan metode karbonisasi hidrotermal dan pirolisis.
2. Memberikan wawasan tentang pengaruh konsentrasi katalis dan temperatur operasi terhadap jumlah, morfologi, struktur, dan kristalinitas CNT yang terbentuk.

**Tabel 1. 1** Tabel Premis

Karbon Prekursor	Metode	Katalis	Rasio	Temperatur Karbonisasi (°C)	Temperatur Aktivasi (°C)	Yield (%)	Berat Karbon (gram)	Diameter (nm)	I <sub>D</sub> /I <sub>G</sub> (Kristalinitas)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Pustaka
Jerami (2 g) + Kamper (Fasa padat)	Karbonisasi Hidrotermal + CVD	<i>Ferrocene</i> dilarutkan dalam etanol	2 (% wt)	250	800	41	-	22	0,942	20	(Fathy, 2017)
Jerami (2 g) + Kamper (Fasa padat)	Karbonisasi Hidrotermal + CVD	<i>Ferrocene</i> + nikel nitrat dilarutkan dalam etanol	2 (% wt)	250	800	44	-	66	0,753	35	(Fathy, 2017)
Jerami padi (5 g) <i>unpulped</i>	Karbonisasi Hidrotermal + Pirolisis	Fe-Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe 5% wt dan Ni 5% wt	180	830	80	-	15-40	0,81	188	(Lotfy dkk., 2018)
Jerami padi (5 g) <i>neutral pulped</i>	Karbonisasi Hidrotermal + Pirolisis	Fe-Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe 5% wt dan Ni 5% wt	180	830	65	-	14,6-47,9	-	43,25	(Lotfy dkk., 2018)
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,025 (g/mL)	-	850	-	0,13	150-200	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)

Tabel 1.1 Tabel Premis (lanjutan)

Karbon Prekursor	Metode	Katalis	Rasio	Temperatur Karbonisasi (°C)	Temperatur Aktivasi (°C)	Yield (%)	Berat Karbon (gram)	Diameter (nm)	I <sub>D</sub> /I <sub>G</sub> (Kristalinitas)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Pustaka
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,025 (g/mL)	-	700	-	0,03	-	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,025 (g/mL)	-	900	-	0,03	75-100	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,015 (g/mL)	-	850	-	0,25	50-70	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,020 (g/mL)	-	850	-	0,20	56-112	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)
Minyak kelapa sawit + Heksana (1:3) %v/v	<i>Nebulized Spray Pyrolysis</i>	<i>Ferrocene</i>	0,025 (g/mL)	-	850	-	0,13	158-227	-		(Wilianti dan Orlando, 2017)
Etanol atau Toluena (Fasa liquid)	<i>Direct liquid CVD</i>	FeMOC	1,25 (%wt)	-	800	-	0,004	27	0,667	-	(Esquenazi dkk., 2018)

**Tabel 1. 1** Tabel Premis (lanjutan)

Karbon Prekursor	Metode	Katalis	Rasio	Temperatur Karbonisasi (°C)	Temperatur Aktivasi (°C)	Yield (%)	Berat Karbon (gram)	Diameter (nm)	I <sub>D</sub> /I <sub>G</sub> (Kristalinitas)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Pustaka
Etanol atau Toluena (Fasa liquid)	<i>Direct liquid CVD</i>	FeMOC	0,25 (%wt)	-	800	-	0	0	0	-	(Esquenazi dkk., 2018)
Etanol atau Toluena (Fasa liquid)	<i>Direct liquid CVD</i>	FeMOC	1,25 (%wt)	-	700	-	0,001	51	0,665	-	(Esquenazi dkk., 2018)
Etanol atau Toluena (Fasa liquid)	<i>Direct liquid CVD</i>	FeMOC	1,25 (%wt)	-	800	-	0,004	27	0,667	-	(Esquenazi dkk., 2018)