

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBON* DARI MIKROALGA
TERMODIFIKASI MENGGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM UREA**

CHE 183640-02 Penelitian

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

Oleh :

Maria Christabel Fernanda Gunadjaja

(2017620022)

Dosen Pembimbing :

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

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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

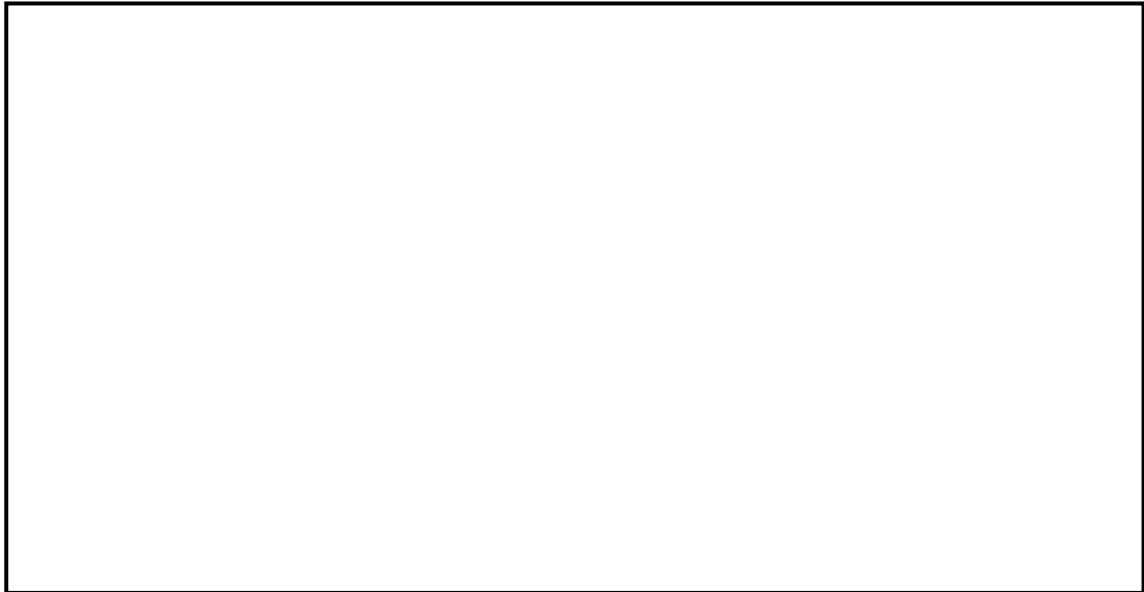
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : SINTESIS *N-DOPED HARD CARBON* DARI MIKROALGA
TERMODIFIKASI MENGGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM UREA**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 Maret 2021

Pembimbing 1



Arenst Andreas Arie, 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 dibawah ini:

Nama : Maria Christabel Fernanda Gunadjaja

NPM : 2017620022

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBON* DARI MIKROALGA TERMODIFIKASI
MENGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM UREA**

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

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

Bandung, 26 Februari 2021



Maria Christabel Fernanda Gunadjaja

(2017620022)

INTISARI

Baterai ion litium banyak digunakan dalam bidang teknologi sehingga menyebabkan penggunaan senyawa litium akan semakin meningkat. Di sisi lain, ketersediaan litium di alam terbatas menyebabkannya sulit untuk diperoleh. Oleh sebab itu digunakan solusi lain yaitu baterai ion sodium sebagai pengganti baterai ion litium. *Hard carbon* merupakan salah satu komponen penting dalam baterai ion sodium. Sintesis *hard carbon* dapat dilakukan melalui proses karbonisasi hidrotermal dengan aktivasi fisika dan karbonisasi langsung. Biomassa seringkali digunakan menjadi bahan baku pembuatan *hard carbon* karena memiliki beberapa kelebihan seperti murah dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini digunakan biomassa mikroalga *Chlorella sp.* yang didoping oleh nitrogen yang berasal dari urea. *Chlorella sp.* memiliki jumlah karbon yang cukup tinggi (51 %) sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku sintesis *hard carbon* sedangkan *N-doped* diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari *hard carbon* yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan sintesis *hard carbon* yang dapat diaplikasikan pada anoda baterai ion sodium serta mengetahui pengaruh rasio urea yang ditambahkan pada proses *pre-treatment* dan karbonisasi hidrotermal terhadap morfologi dan struktur dari *hard carbon* yang dihasilkan.

Proses sintesis *N-doped hard carbon* dibagi menjadi 2 tahap utama, yaitu *pre-treatment* dan karbonisasi. *Pre-treatment* dilakukan dengan cara mencampurkan mikroalga *Chlorella sp.* dan urea pada rasio massa tertentu. Metode karbonisasi yang digunakan ada 2, yaitu karbonisasi hidrotermal dan langsung. Karbonisasi hidrotermal dilakukan di dalam *autoclave* pada temperatur 200 °C selama 24 jam dan dilanjutkan dengan aktivasi fisika di dalam *furnace* dengan variasi temperatur 900 °C selama 1 jam. Karbonisasi langsung dilakukan di dalam *furnace* pada temperatur 900 °C selama 1 jam.

Hasil *N-doped hard carbon* yang didapatkan dikarakterisasi menggunakan SEM, XRD, dan spektroskopi Raman untuk mengetahui morfologi, struktur dan komposisinya. *N-doped hard carbon* dengan proses karbonisasi langsung dengan variasi rasio massa mikroalga dan urea 1:3 memiliki *yield* perolehan yang paling tinggi. Analisis XRD menunjukkan bahwa produk dengan proses karbonisasi langsung dan karbonisasi hidrotermal memiliki struktur *amorphous*. Baik *N-doped hard carbon* dengan proses karbonisasi hidrotermal maupun karbonisasi langsung memiliki *interlayer spacing* antara 0,36-0,389 nm, dimana nilai tersebut sudah memenuhi syarat sebagai material non-grafit. Analisis SEM-EDX menunjukkan morfologi *N-doped hard carbon* berpori dan memiliki banyak *defect* pada permukaannya. Selain itu, sampel dengan proses karbonisasi hidrotermal dengan variasi rasio massa 1:3 memiliki %-berat nitrogen paling besar dan oksigen yang paling rendah. Analisis spektroskopi Raman menunjukkan bahwa sampel *N-doped hard carbon* dengan variasi rasio massa 1:3 memiliki rasio intensitas (I_D/I_G) paling tinggi yaitu 1,34.

Kata kunci: *N-doped hard carbon*, *Chlorella sp.*, karbonisasi hidrotermal, karbonisasi langsung, urea, temperatur

ABSTRACT

*The common use of lithium-ion battery in various technologies increases the use of lithium. In the other hand, the amount of lithium in nature is limited so it is difficult to obtain. Therefore, another solution is used; the sodium-ion battery as a substitute for lithium-ion battery. Hard carbon, a non-graphitizable carbon, is a component that plays an important role as anode material in sodium-ion battery. Synthesis of hard carbon can be carried out through hydrothermal carbonization with physics activation or pyrolysis. Biomass is commonly used as a source of hard carbon material because it has several advantages such as low price and environmentally friendly. The type of biomass used in this research is *Chlorella sp. microalgae* with N-doped from urea. *Chlorella sp.* has a fairly high percentage of carbon (51 %) that makes it ideal for hard carbon material. N-doped modification is expected can increase the quality of hard carbon. The purpose of this research is to synthesize hard carbon that can be applied to sodium-ion battery; knowing the impact of urea ratio added to pre-treatment process and knowing the influence of hydrothermal carbonization to morphology, materials structure, and the dimension of surface area of hard carbon.*

*N-doped hard carbon synthesis process is divided into two main stages, pre-treatment and carbonization. Pre-treatment process is done by mixing *Chlorella sp.* and urea at a certain mass ratio. The carbonization methods used in this research are hydrothermal carbonization and pyrolysis. Hydrothermal carbonization is done in an autoclave reactor at temperatur of 200 °C for 24 hours and continued by physics activation in the furnace at temperatur variations of 900 °C for one hour. Meanwhile, direct carbonization uses a furnace at temperatur of 900 °C for one hour.*

N-doped hard carbon as the final product will be characterized with SEM, XRD, and Raman spectroscopy to find its morphology, materials structure, and compositions. N-doped hard carbon with direct carbonization and the mass ratio of urea and microalgae 1:3 has a higher yield. XRD characterization showed that sample with direct carbonization and hydrothermal carbonization processing have an amorphous structure. Both N-doped hard carbon with 2 variations of carbonization has interlayer spacing between 0,36-0,389 nm, which means that it can be qualified as a standard of non-graphite material. SEM-EDX characterization showed N-doped hard carbon's morphology is porous and has defects. Besides, samples with hydrothermal carbonization with the mass ratio of urea and microalgae 1:3 have higher nitrogen content and lower oxygen content than the sample with 1:1 mass ratio. Raman spectroscopy showed that N-doped hard carbon with hydrothermal carbonization and mass ratio of urea and microalgae 1:3 has the highest intensity ratio (I_D/I_G) value, which is 1,34.

*Keywords: N-doped hard carbon, *Chlorella sp.*, hydrothermal carbonization, pyrolysis carbonization, urea, temperature*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Sintesis *N-Doped Hard Carbon* dari Mikroalga Termodifikasi Menggunakan *Microwave* dalam Urea” tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 183640-02 untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis mendapat berbagai bantuan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih secara khusus kepada:

1. Bapak Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orangtua serta keluarga atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penulisan laporan penelitian ini.
4. Semua pihak lain yang telah memberikan kontrobusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, masukan, dan saran yang membangun agar dapat mengembangkan penulis dalam penyusunan laporan berikutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 26 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Masalah.....	4
1.3 Identifikasi Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Premis	5
1.6 Hipotesis	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Baterai	10
2.1.1 Prinsip Kerja Baterai	10
2.1.2 Baterai Sekunder.....	11
2.1.3 Komponen Baterai Ion Sodium	14
2.2 Mikroalga.....	18
2.2.1 Klasifikasi Mikroalga	19

2.2.2	<i>Chlorella sp.</i>	20
2.2.3	Mikroalga sebagai Bahan Baku <i>Hard Carbon</i>	22
2.3	<i>Hard Carbon</i>	24
2.3.1	Proses Sintesis <i>Hard Carbon</i>	26
2.4	Prosedur Karakterisasi	32
2.4.1	Prosedur Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	32
2.4.2	Prosedur Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i>	33
2.4.3	Prosedur Karakterisasi Spektroskopi Raman	34
BAB 3 BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1	Sintesis <i>Hard Carbon</i>	35
3.2	Tahap Karakterisasi	37
3.3	Bahan Baku dan Alat Penelitian	37
3.4	Variasi Variabel Penelitian	39
3.5	Prosedur Penelitian	39
3.5.1	Prosedur Sintesis Karbon.....	39
3.5.1.1	<i>Pre-treatment</i> Bahan Baku	39
3.5.1.2	Karbonisasi Hidrotermal.....	40
3.5.1.3	Aktivasi Karbon	42
3.5.1.4	Karbonisasi Langsung.....	42
3.6	Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian	43
BAB 4 PEMBAHASAN		45
4.1	<i>Pre-treatment</i>	45
4.2	<i>Hydrochar</i>	45
4.3	Sintesis <i>N-doped Hard Carbon</i>	47
4.4	<i>N-doped Hard Carbon</i>	47
4.4.1	Perolehan <i>Yield N-doped Hard Carbon</i>	47

4.4.2 Hasil Karakterisasi	49
4.4.2.1 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	49
4.4.2.2 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX).....	54
4.4.2.3 Karakterisasi Spektroskopi Raman	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN A <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	72
A.1 Etanol 96 % (C ₂ H ₅ OH)	72
A.2 Urea [(NH ₂) ₂ CO].....	73
LAMPIRAN B DATA ANTARA	74
B.1 Data Perolehan <i>Hydrochar</i> pada Tiap Variasi Rasio Massa.....	74
B.2 Data Standar Deviasi <i>Hydrochar</i> pada Tiap Variasi Rasio Massa.....	75
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN.....	77
C.1 Contoh Perhitungan <i>Yield Hydrochar</i>	77
C.2 Contoh Perhitungan Standar Deviasi	77
C.3 Contoh Perhitungan d_{hkl} , L_c , dan L_a	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Statistik Permintaan Logam Litium Tiap Tahun di Dunia.....	1
Gambar 1.2 Data Statistik Penggunaan Logam Litium dalam Kehidupan Sehari-hari.....	2
Gambar 2.1 (a) Skema Prinsip Kerja Baterai (Kiehne, 2003) dan (b) Proses <i>Charging</i>	11
dan <i>Discharging</i> Baterai	11
Gambar 2.2 Skema Baterai Ion-Litium Menggunakan Li_xCoO_2 sebagai Katoda	12
Gambar 2.3 Skema Baterai Ion Sodium	13
Gambar 2.4 Material Anoda (a) <i>Nanostructures</i> (bulat, kubus, serat, dan lembaran), (b) <i>Porous Structures</i> , dan (c) <i>Core-Shell Structures</i>	15
Gambar 2.5 Struktur <i>Chlorella sp.</i>	21
Gambar 2.6 Gambar Perbedaan <i>Soft Carbon</i> , <i>Hard Carbon</i> , dan Grafit	25
Gambar 2.7 Gambar Struktur <i>Hard Carbon</i> pada Temperatur Tertentu	26
Gambar 2.8 Struktur <i>Hard Carbon</i>	33
Gambar 3.1 Tahap <i>Pre-treatment</i>	36
Gambar 3.2 Tahap Karbonisasi Hidrotermal.....	36
Gambar 3.3 Tahap Karbonisasi Langsung	37
Gambar 3.4 Tahap Aktivasi Fisika	37
Gambar 3.5 Reaktor <i>Autoclave</i>	39
Gambar 3.6 <i>Furnace</i>	39
Gambar 3.7 Diagram Alir <i>Pre-treatment</i> Mikroalga.....	40
Gambar 3.8 Diagram Alir Karbonisasi Hidrotermal	41
Gambar 3.9 Diagram Alir Aktivasi Fisika.....	42
Gambar 3.10 Diagram Alir Karbonisasi Langsung	43
Gambar 4.1 Hasil <i>Algal Char</i> yang Terbentuk.....	46
Gambar 4.2 Hasil <i>N-doped Hard Carbon</i>	47
Gambar 4.3 Grafik XRD <i>N-doped Hard Carbon</i> Melalui Proses Karbonisasi Langsung ..	49

Gambar 4.4 Grafik XRD <i>N-doped Hard Carbon</i> Melalui Proses Karbonisasi Hidrotermal	50
Gambar 4.5 Grafik XRD <i>Hard Carbon</i>	50
Gambar 4.6 Hasil Analisis XRD untuk Karbon <i>Amorphous</i> dan Kristalin Secara Teoritis	51
Gambar 4.7 Hasil Karakterisasi SEM <i>N-doped Hard Carbon</i>	55
Gambar 4.8 Hasil Karakterisasi SEM <i>Hard Carbon</i> (a) Karbonisasi Langsung pada Temperatur 800 °C (b) Karbonisasi Hidrotermal.....	56
Gambar 4.9 Karakterisasi Sampel <i>N-doped Hard Carbon</i> dengan Spektroskopi Raman...	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jenis-Jenis Mikroalga dan Biomassa Lain Serta Metode Karbonisasi yang Digunakan terhadap Karakteristik <i>Hard Carbon</i> yang Dihasilkan	8
Tabel 1.2 Proses Modifikasi pada Biomassa dengan Penambahan Nitrogen	9
Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Baterai Ion Sodium dan Baterai Ion Litium	13
Tabel 2.2 Jenis-Jenis Material Katoda pada Baterai Ion-Sodium	15
Tabel 2.3 Perbandingan Kinerja Elektrokimia pada Material Anoda Berbasis Karbon.....	16
Tabel 2.4 Elektrolit-Elektrolit Garam yang Digunakan pada Baterai Ion-Sodium	17
Tabel 2.5 Kandungan Karbon pada Produk Mikroalga	22
Tabel 2.6 <i>Yield Algal Char</i> dari Mikroalga <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	23
Tabel 2.7 <i>Yield Hard Carbon</i> dari <i>Algal Char</i> pada Beberapa Variasi Temperatur Pirolisis	24
Tabel 2.8 <i>Yield Hard Carbon</i> dengan Proses Karbonisasi Langsung	24
Tabel 2.9 Pembentukan <i>Hard Carbon</i> Berdasarkan Temperatur	26
Tabel 3.1 Variasi Variabel Penelitian.....	39
Tabel 3.2 Rencana Kerja Penelitian	44
Tabel 4.1 Hasil <i>Yield Algal Char</i> dengan Proses Karbonisasi Hidrotermal	46
Tabel 4.2 Data Perolehan <i>Yield N-doped Hard Carbon</i> dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Karbonisasi Langsung pada Variasi Rasio Massa Mikroalga dan Urea.....	49
Tabel 4.3 Nilai 2θ , d_{hkl} , L_a , dan L_c <i>N-doped Hard Carbon</i>	52
Tabel 4.4 Persen Komposisi <i>Amorphous</i> dan Kristalin pada <i>N-doped Hard Carbon</i>	54
Tabel 4.5 Persen Komposisi <i>Amorphous</i> dan Kristalin pada <i>Hard Carbon</i>	55
Tabel 4.6 Komposisi Masing-Masing Unsur dalam <i>N-doped Hard Carbon</i>	57
Tabel 4.7 Hasil Rasio Intestitas I_D/I_G Sampel <i>N-doped Hard Carbon</i>	59
Tabel B.1 Data Perolehan <i>Hydrochar</i> Variasi Rasio Massa 1:1	74
Tabel B.2 Data Perolehan <i>Hydrochar</i> Variasi Rasio Massa 1:3	75

Tabel B.3 Data Standar Deviasi <i>Hydrochar</i> Variasi Rasio Massa 1:1	75
Tabel B.4 Data Standar Deviasi <i>Hydrochar</i> Variasi Rasio Massa 1:3	76

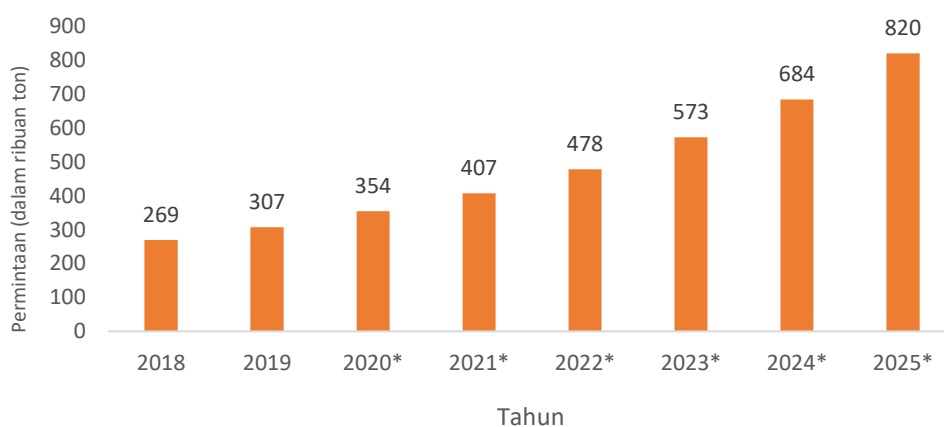
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

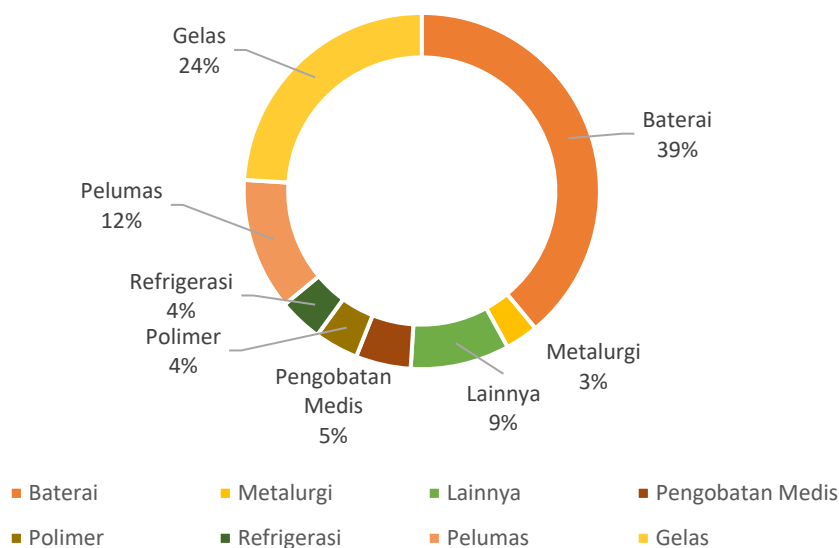
Pada era modern ini, penggunaan baterai sekunder (*rechargeable battery*) sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk alat-alat elektronik dan kendaraan listrik. Baterai sekunder seperti baterai ion litium/*Lithium-Ion Battery* (LIB) dan baterai ion sodium/*Sodium-Ion Battery* (SIB) secara luas dianggap sebagai *electrochemical energy storage* yang sangat menjanjikan dan efisien. Teknologi baterai sekunder yang sangat populer adalah baterai ion litium.

Ketersediaan litium di alam hanya sekitar 24,7 juta ton sehingga termasuk golongan logam langka dan tidak tersebar merata keberadaannya (Wanger, 2011) serta permintaannya diprediksi akan terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu (Gambar 1.1). Pada Gambar 1.2 dapat dilihat bahwa penggunaan litium paling banyak pada baterai. Adanya keterbatasan kesediaan litium tersebut dapat menyebabkan harga unit baterai ion litium akan meningkat secara tajam pada masa mendatang akibat peningkatan kebutuhannya (Macquarie, 2016). Oleh karena itu, baterai ion sodium mulai dikembangkan untuk menggantikan baterai ion litium.



(tahun)*: dalam prediksi

Gambar 1.1 Data Statistik Permintaan Logam Litium Tiap Tahun di Dunia (Garside, 2020)



Gambar 1.2 Data Statistik Penggunaan Logam Litium dalam Kehidupan Sehari-hari (Macquarie dkk., 2016)

Sodium berada di urutan ke-4 sebagai unsur yang berlimpah di alam sehingga akan lebih mudah untuk mendapatkannya dibandingkan dengan litium. Selain itu, sodium dapat digunakan untuk menggantikan litium pada baterai karena sifatnya yang hampir sama karena sama-sama berasal dari golongan alkali sehingga beberapa konfigurasi pada baterai ion litium dapat diadaptasi pada baterai ion sodium (Hwang dkk., 2017).

Pada baterai ion litium, digunakan grafit sebagai bahan anoda baterainya. Grafit sendiri tidak dapat digunakan sebagai bahan anoda pada baterai ion sodium karena diameter ion sodium yang besar sehingga grafit tidak dapat memuat ion sodium (Dou, 2019). Elektroda negatif (anoda) dari baterai ion sodium umumnya menggunakan *hard carbon*. *Hard carbon* merupakan *non-graphitizable carbon* yang tidak dapat berubah menjadi grafit pada temperatur berapapun (Harris, 2001). *Hard carbon* memiliki kinerja yang baik sebagai ion sodium karena menghasilkan kapasitas dan siklus hidup baterai yang tinggi pada baterai ion sodium. Selain itu, *hard carbon* dapat dihasilkan melalui biomassa yang menyebabkan *hard carbon* menjadi ramah lingkungan karena berkurangnya limbah organik yang dihasilkan (Liu, 2016).

Hard carbon biasanya dibuat dari bahan baku polimer seperti resin fenolik dan resin epoksi melalui karbonisasi langsung dengan temperatur tinggi dan suasana *inert* (Khosravi

dkk., 2014). Selain menggunakan polimer, *hard carbon* dapat disintesis dari biomassa ataupun limbahnya karena harganya yang lebih murah sekaligus dapat menyelesaikan masalah lingkungan terkait penanganan limbah. Berbagai jenis biomassa yang telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan material *hard carbon* adalah kulit buah pomelo (Hong dkk., 2014), tongkol jagung (Liu, 2016), daun oak (Li dkk., 2016), kulit pisang (Lotfabad dkk., 2014), *argan shell* (Dahbi dkk., 2017), *hemp haulm* (Wang dkk., 2020), dan mikroalga (Meng dkk., 2015).

Hard carbon dapat didoping dengan nitrogen menjadi *N-doped hard carbon*. Sumber nitrogen yang biasa digunakan untuk sintesis *N-doped hard carbon* adalah urea dan biuret. Tujuan penambahan nitrogen pada *hard carbon* adalah untuk meningkatkan konduktivitas elektrik pada permukaan *hard carbon* (Wang dkk., 2019). Menurut Siemion (2004), sintesis *N-doped hard carbon* dilakukan dengan mencampurkan urea atau biuret dan bahan baku. Sintesis *N-doped hard carbon* menggunakan bahan baku tepung kentang. Campuran tersebut dipanaskan dengan oven atau *microwave* agar gugus nitrogen dapat mengikat karbon dengan lebih mudah. Penggunaan *microwave* untuk proses pemanasan lebih efisien digunakan karena waktu yang dibutuhkan lebih singkat karena reaksi pengikatan bahan baku dengan nitrogen terjadi dengan lebih cepat (Siemion dkk., 2004).

Mikroalga dapat digunakan sebagai bahan baku dari *hard carbon* karena ketersediaannya yang melimpah di perairan. Berbagai jenis alga yang hidup dalam air merupakan penyusun fitoplankton. Sebagian besar dari fitoplankton merupakan anggota dari divisi *Chlorophyta* (Fauziah & Laily, 2015). *Chlorophyta* adalah salah satu jenis alga hijau yang dapat ditemukan di perairan Indonesia, salah satunya adalah *Chlorella pyrenoidosa*. *Chlorella pyrenoidosa* merupakan biomassa yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan *hard carbon* karena kandungan karbon yang ada di dalamnya cukup tinggi yaitu 51 %. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi dari *Chlorella pyrenoidosa* menyebabkan kandungan karbon di dalamnya tinggi (Thiruvankadam dkk., 2018).

Terdapat penelitian sebelumnya yang menggunakan mikroalga sebagai bahan baku dari *hard carbon* yaitu dengan *cyanobacteria* (Meng dkk., 2015) dan *Chlorella pyrenoidosa* (Nathania, 2019). Pada penelitian dengan bahan baku *cyanobacteria* digunakan karbonisasi langsung pada temperatur tertentu dengan gas *inert* berupa argon, sedangkan penelitian dengan *Chlorella pyrenoidosa* menggunakan karbonisasi hidrotermal disertai dengan

aktivasi fisika dan karbonasi pirolisis. *Hard carbon* yang dihasilkan dengan kedua bahan baku tersebut memiliki sifat *amorphous* dan memiliki ukuran partikel di atas 0,34 nm.

Pada penelitian ini, digunakan bahan baku bubuk mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* yang telah dimodifikasi menggunakan urea dengan proses karbonisasi hidrotermal disertai dengan aktivasi fisika dan karbonisasi langsung yang menghasilkan *N-doped hard carbon*. Tahap *pre-treatment* pada penelitian ini menggunakan penambahan urea dengan perbandingan berat yang telah ditentukan sebagai sumber nitrogen. Sampel mikroalga yang telah dicampur dengan nitrogen akan dipanaskan dengan menggunakan *microwave* selama beberapa menit. *N-doped* pada karbon diharapkan memberikan karakteristik *hard carbon* yang lebih baik lagi seperti jarak *interlayer* (d_{002}) yang lebih besar, luas permukaan yang tinggi, dan *yield* karbon yang semakin tinggi.

1.2 Tema Masalah

Sintesis *hard carbon* dari bahan baku mikroalga *Chlorella sp.* menggunakan proses *pre-treatment* dengan variasi rasio urea dengan mikroalga yang telah ditentukan dengan pemanasan menggunakan *microwave* untuk membentuk *N-doped hard carbon*. Penelitian dilanjutkan dengan proses karbonisasi hidrotermal dan aktivasi fisika serta karbonisasi langsung. Hasil karbonisasi akan dikarakterisasi dengan SEM, XRD, dan spektroskopi Raman.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh rasio massa urea dengan mikroalga pada proses *pre-treatment* dengan *microwave* terhadap karakteristik (morfologi, struktur kristal, dan luas permukaan) dari *N-doped hard carbon* yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh karbonisasi hidrotermal pada sintesis *N-doped hard carbon* terhadap karakteristik (morfologi, struktur kristal, dan luas permukaan) dari *N-doped hard carbon* yang dihasilkan?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh rasio massa urea dengan mikroalga pada proses *pre-treatment* dengan *microwave* terhadap karakteristik (morfologi, struktur kristal, dan luas permukaan) dari *N-doped hard carbon* yang dihasilkan.

2. Mengetahui pengaruh karbonisasi hidrotermal pada sintesis *N-doped hard carbon* terhadap karakteristik (morfologi, struktur kristal, dan luas permukaan) dari *N-doped hard carbon* yang dihasilkan.

1.5 Premis

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan 1.2 hasil sintesis *hard carbon* dengan bahan baku mikroalga dan biomassa lain serta hasil *N-doped* pada biomassa.

1.6 Hipotesis

1. Penambahan urea dengan rasio massa yang lebih tinggi menghasilkan *N-doped hard carbon* dengan kandungan nitrogen yang lebih tinggi sehingga konduktivitas elektrik pada baterai akan semakin meningkat.
2. Karbonisasi hidrotermal menghasilkan *yield* karbon yang lebih besar daripada karbonisasi langsung, struktur lebih *amorphous*, dan diameter karbon yang lebih besar.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam berbagai bidang, yaitu:

1. Bagi Industri

Penelitian ini diharapkan dapat membantu industri dalam mengembangkan baterai ion sodium dengan menggunakan bahan baku mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* sehingga menghasilkan alternatif material *hard carbon* yang lebih baik.

2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah zat kimia yang ditimbulkan oleh baterai ion litium saat ini dan memberikan alternatif lain dalam penggunaan baterai sekunder pada alat-alat elektronik, serta dapat mengurangi jumlah mikroalga *Chlorella sp.* di perairan yang dapat mengganggu ekosistem.

3. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru bagi peneliti mengenai kualitas *hard carbon* yang dibuat dari mikroalga *Chlorella sp.* dengan proses *pre-treatment* menggunakan urea serta proses karbonisasi hidrotermal. Selain itu, diharapkan peneliti dapat mengetahui kelebihan *hard carbon* yang

dibuat dari mikroalga *Chlorella sp.* dibandingkan dengan *hard carbon* yang dibuat dari biomassa lain.

Bahan Baku	Proses Karbonisasi	Temperatur Karbonisasi (°C)	Durasi Karbonisasi (jam)	Aktivasi	Temperatur Aktivasi (°C)	Gas Inert	Ukuran Partikel (nm)	Struktur Hard Carbon	Yield Hard Carbon (%)	Pustaka	
<i>Cyanobacteria</i>	Karbonisasi Hidrotermal	700	5		--	Argon	0,36	<i>Amorphous</i>	-	Meng dkk., 2015	
		850					Lebih besar dari temperatur 700 °C				
		1000					Lebih besar dari temperatur 850 °C				
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Karbonisasi Hidrotermal	200	24	Aktivasi Fisika (<i>furnace</i>)	600	-	0,34462	<i>Amorphous</i>	41,06 dan 38,91	Nathania, 2019	
					750		0,34334				42,25 dan 44,07
					900		0,34208				47,32 dan 46,28

	Karbonisasi Langsung	800		-		-		24,1425 dan 25,5438	
Buah Pomelo	Karbonisasi Langsung	700	2	-	Nitrogen	-	<i>Amorphous</i>	-	Hong dkk., 2014
Tongkol Jagung	Karbonisasi Langsung	1000 1300 1600	2	-	Argon	0,408 0,398 0,389	<i>Amorphous</i>	-	Liu dkk., 2016
Kulit Pisang	Karbonisasi Langsung	800 1100 1400	8	-	-	0,397 0,391 0,384	<i>Amorphous</i>	-	Lotfabad dkk., 2014
<i>Argan shell</i>	Karbonisasi Langsung	800 1000 1200	1	-	Argon	0,4 0,4 0,393	-	-	Dahbi dkk., 2017

Tabel 1.1 Jenis-Jenis Mikroalga dan Biomassa Lain Serta Metode Karbonisasi yang Digunakan terhadap Karakteristik *Hard Carbon* yang Dihasilkan

Tabel 1.2 Proses Modifikasi pada Biomassa dengan Penambahan Nitrogen

Biomassa	Jenis N-doped	Jenis Pemanasan	%N		Pustaka
			Dalam Campuran Awal	Setelah Dilakukan Pemanasan	
<i>Potato starch</i>	Urea	<i>Microwave</i>	14,1	7	Siemion dkk., 2004
		Oven		8,7	
	Biuret	<i>Microwave</i>	17,68	11,8	
		Oven		12	