

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBONS* DARI
MIKROALGA TERMODIFIKASI MENGGUNAKAN
MICROWAVE DALAM BIURET DAN UREA**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar

Sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh :

Gabrielle Varencia Mandala

(2017620117)

Dosen Pembimbing :

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

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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

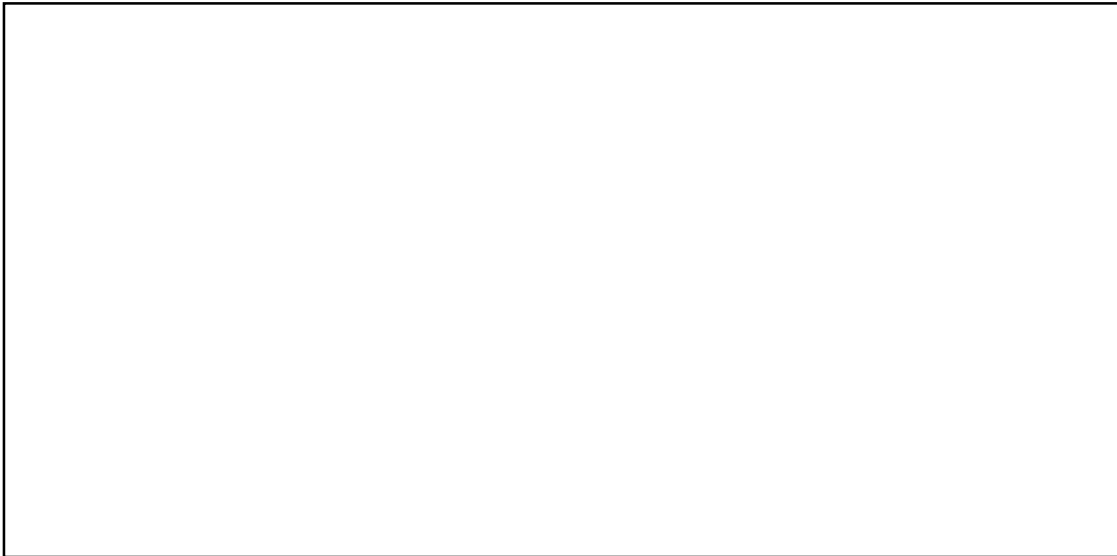
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : SINTESIS *N-DOPED HARD CARBONS* DARI MIKROALGA
TERMODIFIKASI MENGGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM BIURET DAN
UREA**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 Maret 2021

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



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

LEMBAR REVISI

**JUDUL : SINTESIS *N-DOPED HARD CARBONS* DARI MIKROALGA
TERMODIFIKASI MENGGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM BIURET DAN
UREA**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 Maret 2021

Penguji 1



Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.

Penguji 2



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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gabrielle Varencia Mandala

NPM : 2017620117

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBONS* DARI MIKROALGA TERMODIFIKASI
MENGUNAKAN *MICROWAVE* DALAM BIURET DAN UREA**

Adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, materi atau 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 dengan peraturan yang berlaku

Bandung, 1 Maret 2021

Gabrielle Varencia Mandala
(2017620117)

INTISARI

Baterai ion litium adalah salah satu jenis baterai sekunder yang paling sering sebagai media penyimpanan energi. Penggunaan akan senyawa litium yang terus meningkat dan ketersediaannya yang tidak tersebar secara merata di bumi membuat sumbernya semakin terbatas. Maka dari itu diperlukan alternatif baru untuk menggantikan bahan litium, yaitu sodium. Pada baterai ion sodium, digunakan bahan *hard carbons* sebagai anodanya. Biomassa seringkali dijadikan sebagai bahan baku untuk pembentukan *hard carbons* karena jumlahnya yang banyak sehingga mudah ditemukan dan harganya ekonomis, aman terhadap lingkungan, dan dapat mengurangi limbah organik. Pada penelitian ini digunakan mikroalga *Chlorella sp.* yang banyak ditemukan pada perairan Indonesia. *Chlorella sp.* memiliki kandungan karbon yang melimpah (50,8 %) dalam struktur selnya sehingga membuat produksi *hard carbons* dari mikroalga menjadi salah satu alternatif.

Material yang digunakan dalam penelitian ini ialah mikroalga bubuk *Chlorella sp.* Metode yang digunakan dalam pembuatan *hard carbons* terdiri dari tahap sintesis dan karakterisasi. Tahap sintesis terdiri dari proses *pre-treatment* dengan menambahkan gugus nitrogen dengan biuret dan urea, yang dilanjutkan dengan proses karbonisasi hidrotermal dengan menggunakan reaktor *autoclave*, dan terakhir dilakukan aktivasi fisika dengan *furnace*. Proses *pre-treatment* dilakukan dengan mencampurkan mikroalga dengan biuret atau urea dengan rasio massa 1:1 dan 2:1. Selanjutnya, karbonisasi hidrotermal yaitu proses karbonisasi sederhana dan ekonomis karena hanya membutuhkan pelarut air yang berada dalam kondisi hidrotermal. Proses ini dilakukan dengan memasukkan hasil *pre-treatment* dan air ke dalam reaktor *autoclave* dan ke dalam oven dengan temperatur 200 °C selama 24 jam. Proses aktivasi fisika akan dilakukan di dalam *furnace* pada temperatur 900 °C. Hasil *N-doped hard carbons* akan dikarakterisasi dengan menggunakan metode *Raman Spectroscopy*, SEM, dan XRD. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari variasi pengaruh sumber nitrogen dan variasi rasio mikroalga dan sumber nitrogen pada proses *pre-treatment* terhadap karakteristik (morfologi, kristalinitas, *interlayer spacing*, komposisi, dan tingkat *defect*) dari produk *N-doped hard carbons* yang dihasilkan.

Dari penelitian ini, didapatkan hasil bahwa penambahan biuret dan urea meningkatkan nilai *interlayer spacing* (d_{002}) yang berada pada kisaran 0,38 nm pada *n-doped hard carbon* dan morfologinya memiliki permukaan yang tidak teratur serta adanya partikel nitrogen yang menempel pada permukaannya. Selain itu, rasio massa mikroalga dengan sumber nitrogen berbanding lurus dengan kandungan nitrogen dalam *n-doped hard carbon*. Penambahan biuret memberikan kandungan oksigen dan nitrogen yang lebih tinggi pada *n-doped hard carbon* dibandingkan dengan urea. Penambahan urea menghasilkan *hard carbon* dengan struktur amorfous yang lebih dominan sedangkan penambahan biuret menghasilkan struktur kristalin yang lebih dominan. Semakin tinggi jumlah sumber nitrogen yang digunakan, maka akan menghasilkan *hard carbon* dengan struktur *defect* yang lebih dominan.

Kata kunci: *N-doped hard carbons*, *chlorella sp.*, karbonisasi hidrotermal, aktivasi fisika, *pre-treatment* mikroalga.

ABSTRACT

*Lithium-ion battery is a type of secondary battery that is often used as a storage medium for energy. The increasing use of lithium compounds and the numbers that are not evenly distributed on earth has made its source even more limited. Therefore, a new alternative is needed to replace lithium, which is sodium. In sodium ion batteries, hard carbons are used as an anode. Biomass can be used as a raw material to produce hard carbon because it is easy to find and the price is economical, safe for the environment, and can reduce organic waste. In this study, *Chlorella sp.* which are found in many Indonesian waters is used. *Chlorella sp.* Has a large number of carbon content (50.8%) in its cell structure which makes it suitable to produce hard carbon from microalgae.*

*The material used in this study was the powdered *Chlorella sp.* The method used in producing hard carbons consists of the synthesis and characterization stages. The synthesis stage consists of a pre-treatment process by adding nitrogen group using biuret and urea, followed by a hydrothermal carbonization process using an autoclave reactor, and finally a physical activation with a furnace. The pre-treatment process is carried out by mixing microalgae with biuret or urea with a mass ratio of 1:1 and 2:1. Furthermore, hydrothermal carbonization is a simple and economical carbonization process because it only requires water solvent in hydrothermal conditions. This process is carried out by entering the pre-treatment results and water into the autoclave reactor and into an oven with a temperature of 200 °C for 24 hours. The physical activation process will be carried out in the furnace at a temperature of 900 °C. The results of N-doped hard carbons will be characterized using Raman Spectroscopy, SEM, and XRD methods. This aims to study the variation of the effect of nitrogen sources and the ratio of microalgae and nitrogen sources during the pre-treatment process on the characteristics (morphology, crystallinity, interlayer spacing, composition, and defect level) of the N-doped hard carbons.*

From this study, it was found that the addition of biuret and urea increased the value of the interlayer spacing (d_{002}) which is in the range of 0.38 nm and the morphology had an irregular surface because of the presence of nitrogen particles attached to the surface. In addition, the mass ratio of microalgae to nitrogen sources is directly proportional to the nitrogen content in n-doped hard carbon. The addition of biuret provides a higher oxygen and nitrogen content on n-doped hard carbon compared to urea. The addition of urea produced a more dominant amorphous structure of n-doped hard carbon, while the addition of biuret produced a more dominant crystalline structure. The higher the amount of nitrogen source used, the hard carbon will be produced with a more dominant defect structure.

*Key words: N-doped hard carbons, *chlorella sp.*, hydrothermal carbonization, aktivasi fisika, pre-treatment microalgae.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Sintesis *N-Doped Hard Carbons* dari Mikroalga Termodifikasi Menggunakan *Microwave* dalam Biuret dan Urea” dengan tepat waktu. laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan penelitian ini, terutama kepada:

1. Bapak Arenst Andreas, S.T., S.Si, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, saran dan waktu selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Ibu Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, saran dan waktu selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
3. Orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
4. Sahabat-sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dan saran.

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

Bandung, 22 Febuari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL HALAMAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	4
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.4 Premis.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Tujuan Penelitian	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
1.8 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Bahan Baku <i>N-Doped Hard Carbons</i>	9
2.1.1 <i>Hard Carbons</i>	9
2.1.2 Mikroalga	11
2.1.3 <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	12
2.2 Proses Sintesis <i>Hard Carbons</i>	14
2.2.1 <i>Pre-Treatment</i>	14
2.2.2 Proses Karbonisasi.....	15
2.2.3 Proses Aktivasi	18

2.3	Baterai	20
2.3.1	Jenis-Jenis Baterai Sekunder	20
2.3.2	Komponen pada Baterai Sodium Ion	22
2.4	Prosedur Karakterisasi <i>Hard Carbons</i>	23
2.4.1	Prosedur Karakterisasi <i>Raman Spectroscopy</i>	23
2.4.2	Prosedur Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	23
2.4.3	Prosedur Karakterisasi <i>Scanning Electron-Microscopy (SEM)</i>	24
BAB III BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Tahap Penelitian.....	25
3.1.1	Tahap Sintesis <i>Hard Carbons</i>	25
3.1.2.	Tahap Karakterisasi <i>N-Doped Hard Carbons</i>	25
3.2	Bahan Baku dan Alat Penelitian	26
3.3.	Variasi Variabel Penelitian.....	27
3.4	Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1	<i>Pre-Treatment</i> Bahan Baku.....	28
3.4.2	Karbonisasi Hidrotermal dengan Subkritik Air.....	28
3.4.3	Aktivasi Karbon.....	29
3.5	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	30
BAB IV PEMBAHASAN		31
4.1.	<i>Yield Algal Char</i> dan <i>Hard Carbon</i> dari Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Pirolisis.....	31
4.2.	Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron-Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	32
4.3.	Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	34
4.4.	Hasil Karakterisasi <i>Raman Spectroscopy</i>	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1.	Kesimpulan	40
5.2.	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....		42
LAMPIRAN		46
<i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Permintaan Daur Ulang Litium di Dunia	1
Gambar 1.2 Grafik Persebaran Litium di Dunia pada Tahun 2019.....	2
Gambar 2.1 Struktur <i>Hard Carbons</i> Berdasarkan Waktu Publikasi	9
Gambar 2.2 Struktur <i>Hard Carbons</i> pada Temperatur Tertentu	10
Gambar 2.3 Ilustrasi Mekanisme Inseri Sodium (Natrium) pada Struktur <i>Hard Carbons</i>	11
Gambar 2.4 Struktur <i>Chlorella</i>	13
Gambar 2.5 Skema Reaksi Antara Pati Dengan Urea	14
Gambar 2.6 Reaksi pada Proses Karbonisasi Hidrotermal.....	17
Gambar 3.1 Tahap Sintesis dan Karakterisasi <i>Hard Carbons</i>	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses <i>Pre-Treatment</i>	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Karbonisasi Hidrotermal	29
Gambar 3.4 Diagram Alir Aktivasi Karbon	30
Gambar 4.1 Hasil Analisis SEM <i>Hard Carbon</i> dari <i>Algal Char</i>	33
Gambar 4.2 <i>Chlorella pyrenoidosa</i> Sebelum Karbonisasi Hidrotermal.....	33
Gambar 4.3 Hasil Analisis XRD <i>Hard Carbon</i> dengan Sumber Nitrogen Urea dan Biuret.....	35
Gambar 4.4 (a) Hasil Analisis XRD untuk <i>Hard Carbon</i> Secara Teoritis.....	35
Gambar 4.5 Hasil Karakterisasi Raman pada <i>Hard Carbon</i>	38

DAFTAR TABEL

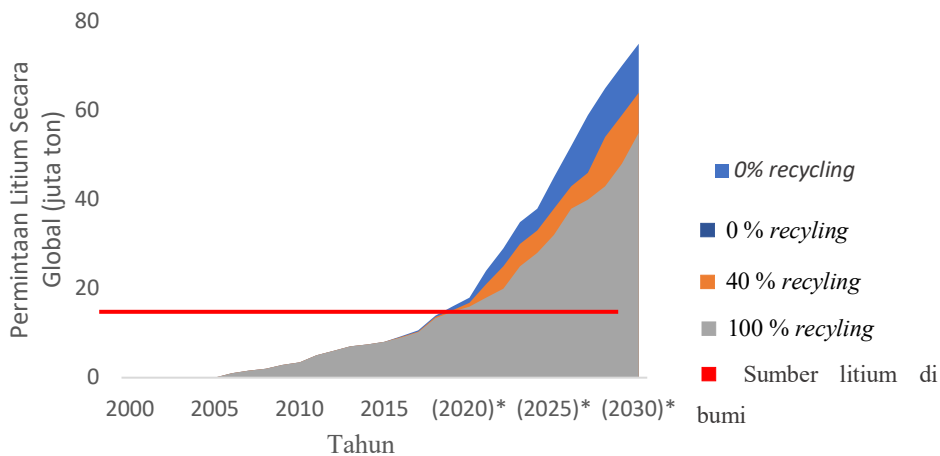
Tabel 1.1 Premis Biomassa sebagai Bahan Baku <i>Hard Carbons</i>	7
Tabel 1.2 Premis <i>Pre-Treatment</i> yang Digunakan pada Biomassa	8
Tabel 2.1 Kandungan Karbohidrat, Protein, dan Lipid dalam Berbagai Jenis Mikroalga	13
Tabel 2.2 Perbedaan Baterai Ion Sodium dan Baterai Ion Litium.....	22
Tabel 3.1 Variasi Variabel Penelitian.....	27
Tabel 3.2 Rencana Kerja Penelitian	30
Tabel 4.1 <i>Yield</i> Algal char dari Proses Karbonisasi Hidrotermal.....	31
Tabel 4.2 <i>Yield Hard Carbon</i> dari Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Pirolisis	32
Tabel 4.3. Perbandingan Komposisi dalam <i>Hard Carbon</i>	34
Tabel 4.4 Komposisi Amorfous dan Kristalinitas pada <i>Hard Carbon</i>	36
Tabel 4.5 Hasil d_{002} pada <i>Hard Carbon</i> dengan Variasi Perbandingan Urea.....	37
Tabel 4.6. Perbandingan <i>Hard Carbon</i> dengan Variasi Sumber Nitrogen.....	37
Tabel 4.7. Perbandingan Nilai I_D/I_G pada Variasi Perbandingan Urea.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

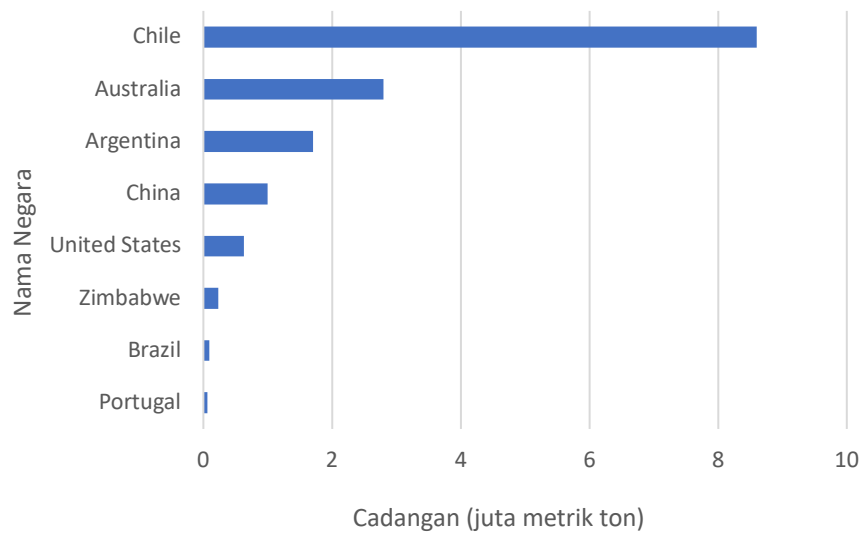
Di era globalisasi ini, segala aktivitas manusia telah dipermudah dengan kehadiran teknologi. Dalam ilmu teknologi sudah banyak penemuan yang sangat bermanfaat bagi manusia baik dalam segi industri (*stationary*), energi cadangan (*portable*), dan transportasi elektrik. Media penyimpan energi yang seringkali digunakan pada teknologi ialah baterai. Baterai membuat penggunaan teknologi lebih mudah dan praktis. Pada umumnya, baterai yang sering digunakan adalah baterai jenis sekunder karena baterai jenis ini dapat diisi ulang kembali. Baterai sekunder yang umum digunakan ada baterai ion litium (Afif & Pratiwi, 2015).



Gambar 1.1 Grafik Permintaan Daur Ulang Litium di Dunia (Wanger, 2011).

(tahun)*: Masih dalam prediksi

Dari Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa permintaan litium terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Konsumsi litium yang terus meningkat, yakni tercatat sekitar 20 % peningkatan setiap tahunnya membuat sumber litium di alam akan semakin terbatas (Natasha et al., 2012). Selain itu, ketersediaan senyawa litium juga tidak tersebar secara merata di bumi, dapat dilihat pada Gambar 1.2 dimana Cili merupakan negara dengan ketersediaan litium terbesar di dunia. Jumlah litium yang semakin berkurang di alam disertai dengan jumlah permintaan yang terus meningkat menyebabkan harga litium yang relatif mahal. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi terbarukan untuk dapat menggantikan peran litium sebagai elektroda positif dalam pembuatan baterai. Sumber energi terbarukan yang sudah ditemukan hingga saat ini ialah baterai ion-sodium.



Gambar 1.2 Grafik Persebaran Litium di Dunia pada Tahun 2019 (Garside, 2019)

Sodium merupakan unsur yang digunakan sebagai pengganti unsur litium karena memiliki sifat yang hampir sama dengan litium. Kelimpahan sodium di alam berada pada urutan ke-4 di dalam lapisan kerak bumi sehingga lebih mudah untuk diperoleh dibandingkan dengan litium (Hwang et al., 2017). Sodium dapat ditemui secara merata di seluruh dunia dalam bentuk soda abu (Na_2CO_3) dengan harga yang murah.

Komponen baterai sodium terdiri dari katoda, anoda, elektroda, dan separator (Jiang et al., 2015). Berbeda dari baterai litium, katoda pada baterai ion sodium akan mengandung senyawa sodium sedangkan pada anodanya akan digunakan *hard carbons* sebagai pengganti *graphite* (Stevens and Dahn 2000). *Hard carbons* sebagai material anoda baterai ion sodium memerlukan sifat konduktivitas listrik yang tinggi guna mengakomodasi aliran elektron serta interkalasi ion sodium pada baterai. Berbagai penelitian telah menyimpulkan bahwa adanya penambahan nitrogen pada struktur *hard carbons* (*Nitrogen-doping*) efektif dalam meningkatkan konduktivitas material tersebut (Hu dkk., 2017). *Hard carbons* juga memiliki kapasitas penyimpanan energi yang relatif besar serta stabilitas siklus pengisian daya yang baik (Dou dkk., 2017). Sintesis *hard carbons* dilakukan dengan menggunakan bahan prekursor biomassa, mulai dari gula (glukosa), pati, selulosa, dan limbah organik dikarenakan kandungan karbonnya yang cukup tinggi (Wu et al. 2016).

Biomassa adalah segala material yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan panas (Abimanyu & Hendrana, 2014).

Indonesia memiliki potensi biomassa yang cukup besar sebagai sumber energi alternatif baik dari sektor pertanian, sektor kehutanan, maupun dari limbah kota dan industri. Biomassa merupakan salah satu sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia, tetapi penggunaannya belum optimal. Berdasarkan data dari Badan Energi Internasional (International Energy Agency-IEA), kontribusi energi terbarukan yang berasal dari biomassa pada tahun 2010 diperkirakan sebesar 12,4 % (Nur & Jusuf, 2014). Biomassa dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk anoda pada baterai ion sodium sehingga sangat ramah lingkungan.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia yang berkisar 81.000 km (Roziqin & Gustin, 2017). Berbagai jenis mikroalga yang memiliki banyak potensi tetapi belum dimanfaatkan secara optimal tumbuh dan berkembang di laut. Beragam sumber daya hayati perairan seperti mikroalga (fitoplanton) kini mulai menjadi fokus penelitian karena manfaatnya sangat besar. Salah satu jenis fitoplankton yang banyak dimanfaatkan dan banyak dibudidayakan adalah *Chlorella sp.* Setiap tahun, Amerika Serikat, Jepang, Cina, Taiwan, dan Indonesia menghasilkan lebih dari 2500 ton *Chlorella* kering (Bishop dan Zubeck, 2012). *Chlorella pyrenoidosa* adalah salah satu mikroalga yang sering ditemukan di Indonesia. *Chlorella pyrenoidosa* termasuk dalam genus *Chlorella sp.* dan memiliki kandungan karbon yang tinggi yaitu 50,8 % sehingga sangat menguntungkan dalam pembuatan *hard carbons* (Heimann et al., 2010). Kandungan unsur karbon dalam mikroalga dapat diproses sehingga menghasilkan *hard carbons*. *Hard carbons* dapat digunakan sebagai bahan untuk anoda baterai sodium. Selain mikroalga ada beberapa penelitian lain mengenai baterai ion sodium dengan bahan baku biomassa yaitu kulit pisang (Lotfabad et al., 2014), daun oak (Li et al., 2016), gambut (Ding et al., 2013), dan *bleached softwood pulp* (Shen et al., 2015).

Pada penelitian ini, *N-doped hard carbons* disintesis dengan bahan baku berupa mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dalam bentuk bubuk termodifikasi sebagai penelusuran lebih lanjut dari penelitian terdahulu (Tanuwijaya, 2020). Mikroalga bubuk dimodifikasi menggunakan *microwave heating* yang melibatkan senyawa biuret dan urea sebagai sumber nitrogen. Pada proses modifikasi mikroalga tersebut juga dilakukan variasi rasio massa antara senyawa sumber nitrogen dengan mikroalga bubuk yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan variasi proses yaitu perlakuan karbonisasi hidrotermal (HTC) sebelum proses aktivasi termal (pirolisis). Hasilnya, diperoleh *N-doped hard carbons* yang dikarakterisasi menggunakan *Raman Spectroscopy*, SEM (EDS), dan XRD untuk mengetahui sifat-sifat produk tersebut.

1.2 Tema Sentral Masalah

Penelitian ini difokuskan pada karakteristik dari *N-doped hard carbons*. *N-doped hard carbons* dibuat dengan menggunakan mikroalga bahan baku *Chlorella sp.* Bubuk mikroalga yang akan digunakan dimodifikasi terlebih dahulu melalui proses *pre-treatment*. Sintesis mikroalga akan dilakukan melalui proses karbonisasi hidrotermal dengan menggunakan reaktor *autoclave* dalam fluida air pada kondisi hidrotermal dan proses karbonisasi langsung dengan menggunakan *furnace*. Hasil penelitian kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui pengaruh jenis sumber nitrogen yang digunakan dan rasio antara biuret dan urea dengan mikroalga pada proses *pre-treatment* terhadap karakteristik fisik seperti luas permukaan, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect* dari *N-doped hard carbons* yang dihasilkan

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis sumber nitrogen (biuret dan urea) yang digunakan terhadap karakteristik *N-doped hard carbons* (*interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect*) yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh dari rasio massa sumber nitrogen (biuret dan urea) terhadap mikroalga pada proses *pre-treatment* dengan menggunakan *microwave* terhadap karakteristik *N-doped hard carbons* (*interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect*) yang dihasilkan?

1.4 Premis

Dari beberapa penelitian yang dilakukan pada Tabel 1.1 dapat dilihat karakteristik *hard carbon* dari mikroalga dengan proses karbonisasi sedangkan pada Tabel 1.2 dapat dilihat pengaruh proses *pre-treatment* dengan menggunakan *microwave* terhadap kandungan nitrogen pada biomassa.

1.5 Hipotesis

1. Penambahan sumber nitrogen biuret akan menghasilkan produk *N-doped hard carbons* dengan karakteristik (seperti *interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect*) yang lebih sesuai untuk dijadikan anoda pada baterai ion sodium dibanding penambahan sumber nitrogen urea.
2. Jumlah penambahan senyawa sumber nitrogen (biuret dan urea) untuk modifikasi prekursor mikroalga yang lebih banyak akan menghasilkan produk *N-doped hard carbons* dengan karakteristik (seperti *interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas,

komposisi, dan tingkat *defect*) yang lebih sesuai untuk dijadikan anoda pada baterai ion sodium.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh jenis sumber nitrogen yang digunakan terhadap karakteristik *N-doped hard carbons* (*interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect*) yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh dari rasio sumber biuret dan urea terhadap mikroalga pada proses *pre-treatment* dengan menggunakan *microwave* terhadap karakteristik *N-doped hard carbons* (*interlayer spacing*, morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect*) yang dihasilkan.

1.7 Manfaat Penelitian

Bagi peneliti:

1. Mengetahui kualitas *hard carbons* yang terbuat dari mikroalga *Chlorella sp.* dengan menggunakan karbonisasi hidrotermal.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *pre-treatment* dengan menggunakan *microwave* terhadap kualitas *hard carbons*.
3. Mengetahui kelebihan *hard carbons* yang berasal dari mikroalga *Chlorella sp.* dibandingkan dengan *hard carbons* dari sumber biomassa lain.
4. Mengetahui sumber nitrogen yang paling baik digunakan untuk menghasilkan *hard carbons* yang lebih sesuai.

Bagi Masyarakat:

1. Mengurangi jumlah mikroalga *Chlorella sp.* yang berada pada perairan.
2. Mikroalga yang digunakan tidak menghasilkan limbah sehingga dapat mengurangi limbah zat kimia yang ditimbulkan oleh baterai yang ada saat ini.

Bagi Industri:

1. Memberikan alternatif biomassa lain untuk menghasilkan *hard carbons* yang lebih baik dibandingkan *hard carbons* yang sudah ada.
2. Memberikan alternatif bahan baku yang lebih ramah lingkungan dalam menyintesis *hard carbons* untuk anoda pada baterai.

1.8 Batasan Masalah

Material yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *hard carbons* adalah mikroalga jenis *Chlorella pyrenoidosa*.

1. *Pre-treatment* yang digunakan adalah penambahan biuret dan urea pada mikroalga yang kemudian dipanaskan di dalam *microwave* dengan variasi rasio biuret dan urea terhadap mikroalga.
2. Proses karbonisasi yang dilakukan adalah proses karbonisasi hidrotermal dalam fluida air pada kondisi hidrotermal di dalam reaktor *autoclave*.
3. Aktivasi karbon yang digunakan adalah aktivasi secara fisika dengan proses pemanasan dalam *furnace* dengan variasi temperatur pirolisis.

Penelitian yang dilakukan hanya sampai mengetahui karakteristik fisik seperti morfologi, kristalinitas, komposisi, dan tingkat *defect* dari *hard carbons* yang dihasilkan.

Tabel 1.1 Premis Biomassa sebagai Bahan Baku *Hard Carbons*

Biomassa	Kondisi Proses				Efisiensi (%)	% Amorf	Discharge Capacity (mAh/g)	Densitas (mA/g)	Peneliti
	Jenis Proses	Temperatur (°C)	Waktu (jam)	Gas Inert					
Mikroalga (<i>Chlorella sp</i>)	Karbonisasi Hidrotermal	200	24	-			-	-	Nathania, L (2019)
	Aktivasi Fisika	600	1	-	41,06 38,91	62,4	-	-	
		750			42,25 44,07	60,1			
		900			47,32 46,28	59,9			
	Karbonisasi Langsung	800	1	-	24,1425 25,5438		-	-	
<i>Harmful algal blooms</i> (<i>Cyanobacteria</i>)	Karbonisasi Hidrotermal	700 850 1000	-	Argon	Mendekati 100		296.1 319.9 443.5	-	Meng X dkk. (2015)
		700 - 900	5	Argon	46 - 52		158 - 231	20	
Buah Pomelo	Karbonisasi Hidrotermal	700	2	Nitrogen	27		402,3	200	Hong dkk., (2014)
<i>Corn Cobs</i>	Karbonisasi Hidrotermal	1000 1300 1600	2	Argon	99,23 99,69 99,45				Liu dkk., (2016)
<i>Oak Leaves</i>	Karbonisasi Hidrotermal	1000	1	Argon	75		360	10	Li dkk., (2016)

Tabel 1.2 Premis *Pre-Treatment* yang Digunakan pada Biomassa

Biomassa	Kondisi Proses <i>Pre Treatment</i>				% Nitrogen	Peneliti
	Zat yang digunakan	Waktu (menit)	Rasio Mol	Pemanasan yang Digunakan		
<i>Potato Starch</i>	Urea	5	1:1	<i>Microwave</i>	7	Siemion dkk., (2004)
		60		<i>Conventional Heating</i>	8,7	
	Biuret	15		<i>Microwave</i>	11,8	
		60		<i>Conventional Heating</i>	12	
	Thiosemicarbazide	5	1:1	<i>Microwave</i>	13,04	Siemion dkk., (2005)