

**SINTESIS *N-DOPED CARBON* DARI *CHLORELLA VULGARIS* DENGAN *DOPANT* UREA DAN MELAMIN DAN AKTIVASI KIMIA DENGAN  $K_2CO_3$  DAN NaOH PADA 900 °C**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh :

**Ferdinandus Ivan (6141901023)**

Dosen pembimbing :

**Arenst A. Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.**

**Dr. Ir. Angela J. Kumalaputri, S.T., M.T.**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2023**







PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ferdinandus Ivan  
NPM : 6141901023

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**SINTESIS *N-DOPED CARBON* DARI *CHLORELLA VULGARIS* DENGAN  
*DOPANT UREA* DAN MELAMIN DAN AKTIVASI KIMIA DENGAN  $K_2CO_3$  DAN  
NaOH PADA 900 °C**

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 dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 25 Juli 2023



Ferdianandus Ivan  
(6141901023)

## INTISARI

*N-doped carbon* dapat digunakan sebagai penyimpan karbon dioksida dan bahan dasar dari *supercapacitor*. Batu bara merupakan bahan baku umum pembuatan *N-doped carbon* yang tidak terbarukan dan menghasilkan gas rumah kaca, sehingga mikroalga *Chlorella vulgaris* digunakan sebagai bahan baku alternatif. Aplikasi *N-doped carbon* pada penelitian ini adalah untuk menggantikan logam berat seperti kobalt dan nikel pada katoda dan anoda *supercapacitor* yang bersifat beracun.

Pada penelitian ini dapat diketahui pengaruh *pre-treatment* terhadap perolehan *hydrochar* pada proses sintesis *hydrochar* serta pengaruh *dopant* dan aktivator yang digunakan terhadap kristalinitas, morfologi, dan komposisi nitrogen dari *N-doped carbon* yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan *pre-treatment* mikroalga, jenis *dopant*, dan jenis aktivator.

Tahap sintesis *N-doped carbon* terdiri dari *pre-treatment Chlorella vulgaris* menggunakan metode ultrasonikasi, sintesis *hydrochar* menggunakan metode karbonisasi hidrotermal, dan aktivasi kimia. Karakterisasi dilakukan dengan metode SEM EDX, dan XRD untuk mengetahui kristalinitas, morfologi, dan komposisi nitrogen pada *N-doped carbon* yang dihasilkan. Penelitian ini menghasilkan *N-doped carbon* yang dengan komposisi nitrogen, derajat kristalinitas dan *interlayer spacing* dengan nilai 7,75%; 33,67%; dan 0,3624 nm pada CV-U2-K; 6,93%; 31,08%; dan 0,3779 nm pada CV-U2-Na; 4,56%; 30,12%; dan 3,773 nm pada CV-M2-K; 4,07%; 29,76%; dan 0,3857 nm pada CV-M2-Na.

Kata kunci: *Chlorella vulgaris*, *hydrochar*, *doping*, *supercapacitor*, aktivasi kimia, *N-doped carbon*.

## **ABSTRACT**

*N-doped carbon can be used as carbon dioxide storage and raw material for supercapacitor. Coal is one of the raw material for N-doped carbon production which is not renewable and produce green house gases, so Chlorella vulgaris can be used as alternative raw material. N-doped carbon application in this research is to replace heavy metals like cobalt and nickel from supercapacitor cathode and anode which is a toxic materials.*

*The effect of Chlorella vulgaris pre-treatment on yield of produced hydrochar, and effect of dopant and activator on N-doped carbon crystallinity, morphology, and nitrogen composition from Chlorella vulgaris is observed in this research. Microalgae pre-treatment, dopant, and activator are vary in this study.*

*The steps of N-doped carbon synthesis consist of Chlorella vulgaris pre-treatment with ultrasonication, hydrochar synthesis with hydrothermal carbonization, and chemical activation. Characterization carried out by SEM EDX and XRD methods to determine N-doped carbon crystallinity, morphology, and nitrogen composition. Nitrogen composition, degree of crystallinity and interlayer spacing the from N-doped carbon are 7.75 %; 33.67 %; and 0.3624 nm for CV-U2-K; 6.93%; 31.08%; and 0.3779 nm for CV-U2-Na; 4.56%; 30.12%; and 3.773 nm for CV-M2-K; 4.07%; 29.76%; and 0.3857 nm for CV-M2-Na.*

*Key words : Chlorella vulgaris, hydrochar, doping, supercapacitor, chemical activation, N-doped carbon.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “**Sintesis *N-doped Carbon* dari *Chlorella vulgaris* dengan *Dopant* Urea dan Melamin dan Aktivasi Kimia dengan  $K_2CO_3$  dan  $NaOH$  pada  $900\text{ }^\circ C$ ””. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan penelitian ini, khususnya kepada:**

1. Bapak Arenst A. Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan baik.
2. Ibu Dr. Ir. Angela J. Kumalaputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan baik.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan laporan penelitian.
4. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan laporan penelitian.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan karena adanya keterbatasan waktu dan kemampuan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga penulis dapat memperbaiki laporan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, 25 Juli 2023

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 .....	x
INTISARI .....	xi
ABSTRACT .....	xii
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 .....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	5
1.8 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Mikroalga .....	9
2.2 <i>Hydrochar</i> .....	10
2.3 Proses Hidrotermal.....	12
2.3.1 Hidrotermal Karbonisasi ( <i>Hydrothermal Carbonization</i> ) .....	12
2.3.2 Hidrotermal Pencairan ( <i>Hydrothermal Liquefaction/HTL</i> ).....	15
2.3.3 Hidrotermal Gasifikasi ( <i>Hydrothermal Gasification/HTG</i> ) .....	16
2.4 Metode Penghancuran Dinding Sel ( <i>Cell Wall Disruption</i> ) .....	17
2.5 Aktivasi .....	20
2.5.1 Aktivasi Fisika / Termal .....	20



2.5.2 Aktivasi Kimia.....	21
2.5 Proses <i>Doping</i> .....	23
2.6 Metode Karakterisasi .....	25
2.6.1 <i>Scanning Election Microscope</i> (SEM).....	25
2.6.2 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	28
3.1 Sintesis <i>N-doped Carbon</i> .....	28
3.1.1 Tahap Karbonisasi dan <i>Doping</i> .....	28
3.1.2 Tahap Aktivasi Kimia dan <i>Doping</i> .....	28
3.1.3 Tahap Karakterisasi .....	28
3.2 Bahan Baku dan Alat Penelitian .....	28
3.2.1 Bahan Baku.....	28
3.2.2 Alat.....	29
3.3 Variasi Variabel Penelitian .....	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Prosedur Sintesis <i>Hydrochar</i> .....	30
3.4.2 Karakterisasi .....	33
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian .....	33
BAB IV PEMBAHASAN .....	35
4.1 Pengaruh <i>Pre-Treatment</i> Terhadap Perolehan <i>Hydrochar</i> .....	35
4.2 Pengaruh Temperatur Karbonisasi Hidrotermal Terhadap Perolehan <i>Hydrochar</i> .....	36
4.3 Analisa Densitas <i>N-doped Carbon</i> .....	37
4.4 Pengaruh <i>Dopant</i> dan Aktivator Terhadap Perolehan & Komposisi <i>N-doped Carbon</i> .....	38
4.5 Pengaruh <i>Dopant</i> dan Aktivator Terhadap Morfologi <i>N-doped Carbon</i> .....	40
4.6 Pengaruh <i>Dopant</i> dan Aktivator Terhadap Kristalintas <i>N-doped Carbon</i> .....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET .....	54
A.1 Melamin .....	54
A.2 Urea .....	54
A.3 Kalium Karbonat .....	55
A.4 Sodium Hidroksida.....	56
A.5 Etanol 96%-v/v.....	57
A.6 Nitrogen.....	58
LAMPIRAN C TABEL DATA.....	60
C.1 Data Karbonisasi Hidrotermal.....	60
C.2 Data Aktivasi Karbon .....	66
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN .....	67
D.1 Rata – rata Perolehan <i>Hydrochar</i> .....	67
D.2 Perolehan <i>N-doped Carbon</i> Terhadap <i>Hydrochar</i> .....	67
D.3 <i>Burn Off</i> .....	67
D.4 Perolehan <i>N-doped Carbon</i> Terhadap Mikroalga .....	68
D.5 <i>Interlayer Spacing</i> .....	68

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 1.1</b> Peningkatan kadar CO <sub>2</sub> di Indonesia .....	1
<b>GAMBAR 1.2</b> Permintaan baterai dunia .....	2
<b>GAMBAR 1.3</b> Emisi yang dihasilkan dari komponen baterai lithium.....	2
<b>GAMBAR 1.4</b> Ekstraksi komponen dari mikroalga pada industri bio-refinery .....	3
<b>GAMBAR 2.1</b> Struktur karbon a). anisotropik, b). isotropik .....	11
<b>GAMBAR 2.2</b> Klasifikasi proses hidrotermal biomassa dengan diagram fasa air.....	12
<b>GAMBAR 2.3</b> Hasil karakterisasi SEM <i>hydrochar</i> dari a) glukosa, b) fruktosa, c) <i>hydroxymethyl furfural</i> (HMF), d) xilosa, e) furfural, f) sukrosa.....	13
<b>GAMBAR 2.4</b> Kurva sifat termo fisika superkritik air .....	16
<b>GAMBAR 2.5</b> Mekanisme proses HTG.....	17
<b>GAMBAR 2.6</b> Korelasi edisiensi kerusakan dinding sel terhadap waktu .....	19
<b>GAMBAR 2.7</b> Skema struktur pita a). <i>pristin</i> , b). <i>p-type doping</i> , dan c). <i>n-type doping</i> ...	24
<b>GAMBAR 2.8</b> Interaksi antara sampel dan elektron yang ditembakkan.....	26
<b>GAMBAR 2.9</b> Komponen SEM.....	27
<b>GAMBAR 2.10</b> Difraksi kisi .....	27
<b>GAMBAR 3.1</b> Alat a). <i>furnace</i> , b). reaktor <i>autoclave</i> .....	29
<b>GAMBAR 3.2</b> Prosedur persiapan bahan baku .....	30
<b>GAMBAR 3.3</b> Prosedur persiapan bahan baku dengan sonikasi .....	31
<b>GAMBAR 3.4</b> Prosedur hidrotermal karbonisasi dan <i>doping</i> .....	31
<b>GAMBAR 3.5</b> Prosedur aktivasi kimia .....	32
<b>GAMBAR 4.1</b> Perbedaan warna a) melamin, b) HC-M2, c) HC-M2-S.....	35
<b>GAMBAR 4.2</b> Perbandingan efisiensi penghancuran .....	36
<b>GAMBAR 4.3</b> Minyak dari karbonisasi hidrotermal pada temperatur 200 °C.....	37
<b>GAMBAR 4.4</b> Perbedaan volume <i>N-doped carbon</i> a) CV-U2-K, b) CV-U2-Na, c) CV-M2- K, d) CV-M2-Na.....	38
<b>GAMBAR 4.5</b> Jalur reaksi aktivasi dengan <i>dopant</i> urea dan aktivator K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	39
<b>GAMBAR 4.6</b> Hasil SEM a) CV-U2-K, b) CV-M2-K, c) CV-U2-Na, d) CV-M2-Na.....	41
<b>GAMBAR 4.7</b> Hasil XRD setiap sampel .....	42
<b>GAMBAR 4.8</b> XRD material amorf dan kristalin .....	42
<b>GAMBAR 4.8</b> Analisa XRD karbon aktif .....	43
<b>GAMBAR 4.8</b> Korelasi interlayer spacing dengan potensial listrik anoda dan katoda .....	44

## DAFTAR TABEL

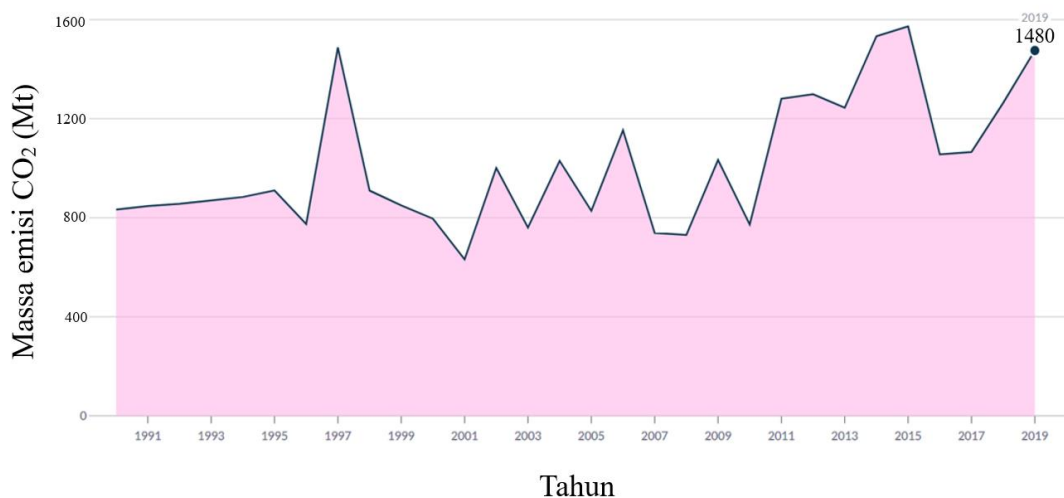
<b>TABEL 1.1</b> Pembuatan <i>N-doped Carbon</i> dari Berbagai Bahan Baku .....	7
<b>TABEL 1.1</b> Pembuatan <i>N-doped Carbon</i> dari Berbagai Bahan Baku (Lanjutan).....	8
<b>TABEL 2.1</b> Kandungan Mikroalga .....	10
<b>TABEL 2.2</b> Komposisi Elemen Mikroalga .....	10
<b>TABEL 2.3</b> Sifat Kimia Fisik dari <i>Hydrochar</i> .....	12
<b>TABEL 2.4</b> Karbonisasi Hidrotermal dari Berbagai Bahan Baku.....	14
<b>TABEL 2.4</b> Karbonisasi Hidrotermal dari Berbagai Bahan Baku (Lanjutan).....	15
<b>TABEL 2.5</b> Hasil <i>Doping</i> Menggunakan Urea dan Melamin .....	25
<b>TABEL 3.1</b> Variasi dan Kode Penelitian.....	29
<b>TABEL 3.1</b> Variasi dan Kode Penelitian (Lanjutan).....	30
<b>TABEL 3.2</b> Jadwal Kerja Penelitian.....	34
<b>TABEL 4.1</b> Perbandingan Perolehan <i>Hydrochar</i> .....	35
<b>TABEL 4.2</b> Perolehan <i>Hydrochar</i> Dengan Sampel Tersonikasi .....	37
<b>TABEL 4.3</b> Perolehan <i>N-doped Carbon</i> .....	39
<b>TABEL 4.4</b> Komposisi Unsur dalam <i>N-doped Carbon</i> .....	40
<b>TABEL 4.5</b> <i>Degree of Crystallinity &amp; Interlayer Spacing</i> dari <i>N-doped Carbon</i> .....	43
<b>TABEL A.1</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Melamin.....	54
<b>TABEL A.2</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Urea .....	55
<b>TABEL A.3</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Kalium Karbonat .....	56
<b>TABEL A.4</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Sodium Hidroksida.....	56
<b>TABEL A.4</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Sodium Hidroksida (Lanjutan) .....	57
<b>TABEL A.5</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Etanol 96%-v/v .....	58
<b>TABEL A.6</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Nitrogen.....	58
<b>TABEL A.6</b> Identifikasi Bahaya dan Pertolongan Pertama Untuk Nitrogen (Lanjutan)....	59
<b>TABEL C.1</b> Data Percobaan Karbonisasi Hidrotermal .....	60
<b>TABEL C.2</b> Data Aktivasi Karbon.....	66

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyebab utama dari pemanasan global adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). CO<sub>2</sub> menyebabkan efek rumah kaca, sehingga meningkatkan temperatur bumi. Berdasarkan data *Climate Watch*, terjadi peningkatan emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia setiap tahunnya dari 832,93 megaton (tahun 1990) menjadi 1,48 gigaton (tahun 2019) yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.

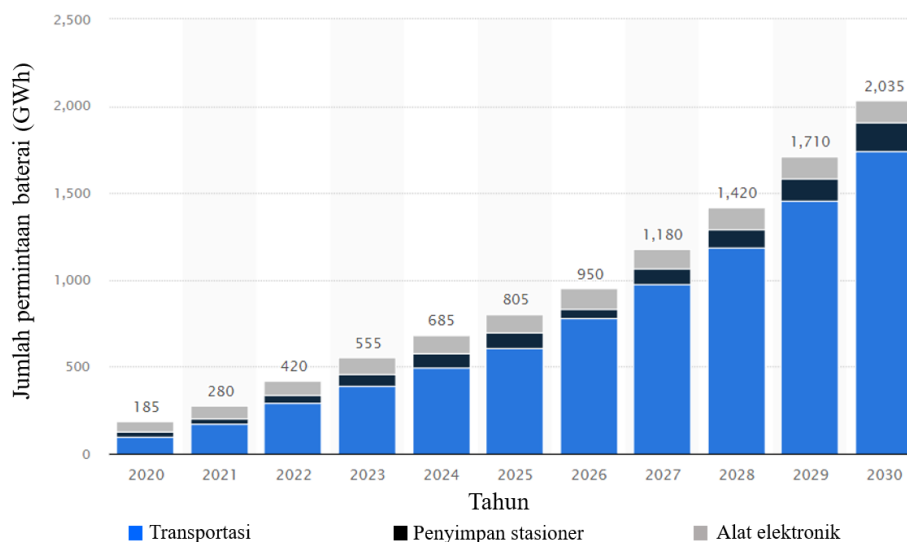


**Gambar 1.1** Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di Indonesia (Climate Watch, 2022)

Salah satu upaya mengurangi kadar CO<sub>2</sub> pada atmosfer bumi adalah teknologi penangkap CO<sub>2</sub>. Menurut Sevilla (2011) teknologi ini menggunakan prinsip adsorpsi kimia, akan tetapi memiliki kelemahan seperti konsumsi energi, korosi pada alat, dan toksik. Karbon aktif dapat menjadi adsorben CO<sub>2</sub> dan memiliki kapasitas adsorpsi 3-4 mmol CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> sorben (25 °C, 1 atm).

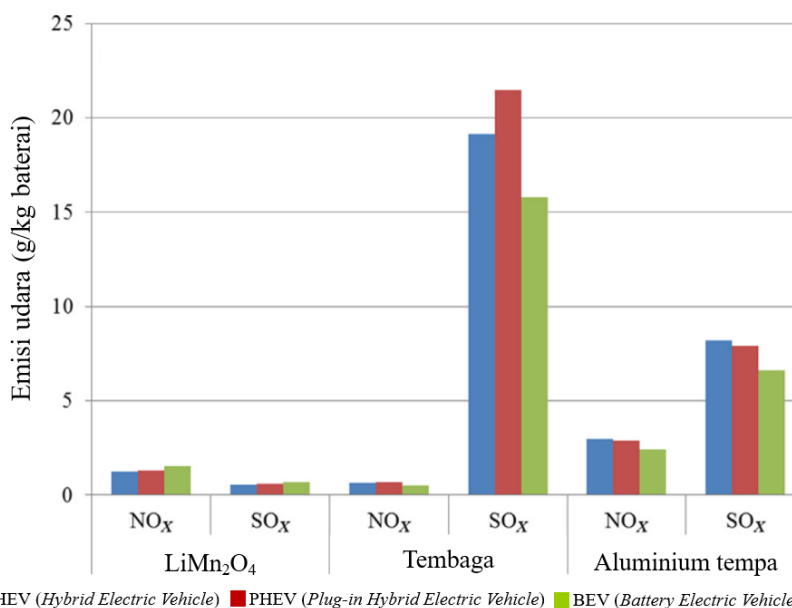
Untuk meningkatkan selektivitas dari adsorpsi CO<sub>2</sub>, dilakukan modifikasi dari karbon aktif. Modifikasi yang dilakukan adalah penambahan atom nitrogen pada struktur karbon yang disebut *doping*. Karbon yang sudah di-*doping* dikenal sebagai *N-doped carbon*. Terdapat 2 metode untuk mendapatkan *N-doped carbon*, yakni pencampuran karbon aktif pasca sintesis menggunakan amonia, melamin atau urea, dan sintesis langsung dengan menggunakan komponen yang mengandung nitrogen sebagai prekursor karbon (Luo, dkk., 2016). Berdasarkan hasil penelitian Huang, dkk. (2021), kapasitas adsorpsi CO<sub>2</sub> mencapai 4,83 mmol g<sup>-1</sup> (pada temperatur 25 °C, tekanan 1 bar).

Manfaat lain *N-doped carbon* adalah sebagai bahan dasar dari *supercapacitor*. *Supercapacitor* adalah perangkat yang menyimpan energi listrik di dalam suatu lapisan listrik (Winter dan Brodd, 2004). Berbeda dengan baterai, *supercapacitor* memiliki densitas energi yang kecil (1 – 10 Wh/kg), akan tetapi memiliki durasi pengisian daya yang lebih singkat (0,3 – 30 detik) (Sahin, dkk., 2022).



**Gambar 1.2** Permintaan baterai dunia (Placek, 2022)

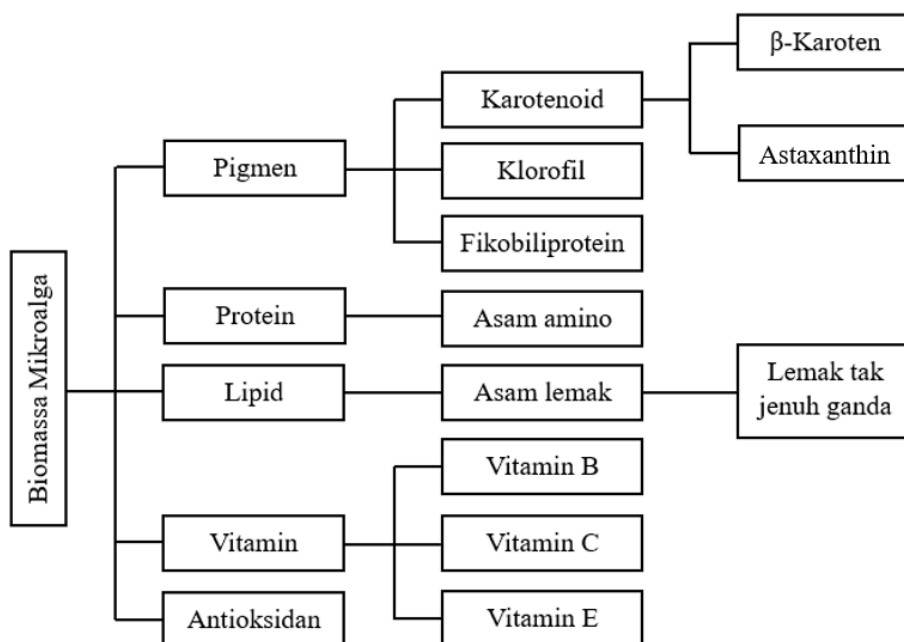
Dengan meningkatnya permintaan energi secara global (Gambar 1.2), produksi baterai juga meningkat. Hal ini akan menyebabkan pencemaran pada udara, khususnya emisi  $\text{SO}_x$  (Gambar 1.3). Untuk mengurangi produksi baterai, produksi *supercapacitor* perlu ditingkatkan dengan menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan (Metha, dkk., 2020).



**Gambar 1.3** Emisi yang dihasilkan dari komponen baterai litium (Gaines dan Dunn, 2014)

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah sekitar 7,81 juta km<sup>2</sup>; dimana 3,25 juta km<sup>2</sup> adalah lautan dan 2,55 juta km<sup>2</sup> merupakan zona ekonomi eksklusif. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi kelautan yang sangat besar. Indonesia juga merupakan negara dengan intensitas cahaya yang cukup tinggi karena terletak pada garis khatulistiwa. Dengan intensitas cahaya yang cukup tinggi dan area perairan yang luas, Indonesia menjadi lokasi kultivasi mikroalga yang dapat dikatakan ideal.

Mikroalga merupakan biomassa akuatik yang dengan jumlah spesies mulai dari 200.000 hingga 800.000 (Wolkers, dkk., 2011). Berbagai jenis mikroalga mengandung jumlah protein yang sama dengan sumber protein tradisional seperti susu, kacang kedelai, telur, dan daging (Koyande, dkk., 2019). Karena kandungannya yang kaya akan minyak dan protein, mikroalga sering dimanfaatkan pada bidang industri dengan skala besar (Gambar 1.4).



**Gambar 1.4** Ekstraksi komponen dari mikroalga pada industri *bio-refinery* (Koyande, dkk., 2019)

Mikroalga merupakan biomassa dengan pertumbuhan yang sangat cepat, dapat menggandakan massa dalam waktu 24 jam. Pertumbuhan mikroalga membutuhkan cahaya, CO<sub>2</sub>, air, dan nutrisi anorganik (Chisti, 2008). Selain itu, mikroalga dapat tumbuh pada air yang tidak dapat dikonsumsi oleh manusia (terkontaminasi) (Frac, dkk., 2010). Divisi mikroalga yang paling melimpah adalah *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* (ganggang hijau),

*Chrysophyta* (ganggang emas), dan *Cyanophyta* (ganggang biru-hijau) (Bleakley dan Hayes, 2017).

## 1.2 Tema Sentral Masalah

*Doping* menggunakan urea dan melamin sudah pernah dilakukan, akan tetapi terdapat perbedaan pada bahan baku dan proses *doping*, dimana peneliti lain melakukan *doping* hanya 1 kali, baik pada saat sintesis atau pada saat aktivasi (*post synthesis doping*). Komposisi nitrogen pada *N-doped carbon* dari *doping* tergolong rendah (4 – 10 %), sehingga pada penelitian ini dilakukan *doping* 2 kali yakni pada proses sintesis dan aktivasi.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh *pre-treatment* mikroalga (sonikasi) terhadap perolehan *hydrochar*?
2. Bagaimana pengaruh jenis *dopant* (melamin dan urea) terhadap perolehan *hydrochar* dan *N-doped carbon*?
3. Bagaimana pengaruh *dopant* (melamin dan urea) terhadap morfologi, kristalinitas, dan komposisi nitrogen dari *N-doped carbon* yang diperoleh?
4. Bagaimana pengaruh aktivator  $K_2CO_3$  dan NaOH dengan *dopant* urea dan melamin terhadap morfologi, kristalinitas, dan komposisi nitrogen dari *N-doped carbon* yang diperoleh?

## 1.4 Premis

Sintesis *n-doped carbon* sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti menggunakan berbagai bahan baku. Sintesis ini dapat dilakukan secara 1 maupun 2 tahap, dengan maupun tanpa penambahan *dopant* urea atau melamin. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 1.1.

## 1.5 Hipotesis

1. *Pre-treatment* akan meningkatkan perolehan *hydrochar*.
2. Melamin akan meningkatkan perolehan *hydrochar* dan *N-doped carbon*, sedangkan urea tidak.
3. *Dopant* urea akan memberikan komposisi nitrogen yang lebih tinggi dibanding melamin. Keduanya akan mengurangi kristalinitas dan tidak memberikan pengaruh signifikan pada morfologi dari *N-doped carbon* yang dihasilkan.



4. Aktivator  $K_2CO_3$  akan memberikan komposisi nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan NaOH, dan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap morfologi dan kristalinitas dari *N-doped carbon* yang dihasilkan.

### 1.6 Tujuan

1. Mempelajari pengaruh *pre-treatment* mikroalga (sonikasi) terhadap perolehan *hydrochar*.
2. Mempelajari pengaruh jenis *dopant* (melamin dan urea) terhadap perolehan *hydrochar N-doped carbon*.
3. Mempelajari pengaruh *dopant* (melamin dan urea) terhadap morfologi, kristalinitas, komposisi nitrogen dari *N-doped carbon* yang diperoleh.
4. Mempelajari pengaruh aktivator  $K_2CO_3$  dan NaOH dengan *dopant* urea dan melamin terhadap morfologi, kristalinitas, komposisi nitrogen dari *N-doped carbon* yang diperoleh.

### 1.7 Manfaat Penelitian

1. Untuk negara : Membantu meningkatkan penggunaan mikroalga *Chlorella vulgaris* di Indonesia dan meningkatkan ekspor mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai bahan baku alternatif sintesis karbon aktif.
2. Untuk industri : Memberikan bahan baku alternatif yang ramah lingkungan dan mudah didapat untuk produksi *N-doped carbon* yang kemudian dapat dikembangkan menjadi *supercapacitor*.
3. Untuk masyarakat : Meningkatkan lapangan pekerjaan dalam industri kultivasi mikroalga, khususnya mikroalga *Chlorella vulgaris*.
4. Untuk ilmu pengetahuan : Memberikan pengetahuan baru mengenai pemanfaatan mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk pembuatan *N-doped carbon*. Memberikan pengetahuan mengenai rasio massa mikroalga terhadap *dopant* urea dan melamin terhadap komposisi nitrogen yang dihasilkan serta pengaruh aktivator dan *dopant* terhadap kristalinitas dan morfologi dari *N-doped carbon* yang dihasilkan.

### 1.8 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan untuk sintesis *hydrochar* adalah mikroalga *Chlorella vulgaris*.

2. Proses *doping* menggunakan urea dan melamin serta dilakukan dua kali yaitu pada proses sintesis *hydrochar* dan aktivasi.
3. Aktivasi *hydrochar* menggunakan aktivasi kimia dengan aktivator  $K_2CO_3$  dan NaOH dengan pemanasan dalam *furnace* pada temperatur 900 °C.

**Tabel 1.1** Pembuatan *N-doped Carbon* dari Berbagai Bahan Baku

Bahan Baku	<i>Dopant</i>	Aktivator	Rasio massa (bb:do:ak)	Karbonisasi		Aktivasi		<i>Doping</i> (%-wt)	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	Sumber
				Jenis	Temperatur dan Waktu (°C, jam)	Rasio massa (ch:ak:do)	Temperatur dan Waktu (°C, jam)			
<i>Chlorococcu m sp.</i>	-	-	-	Hidrotermal (2 tahap)	200, 3	-	-	3,32	11	Luo, dkk., 2016
		KOH	-			1:2:-	650, 1	1,42	1151	
		NH <sub>3</sub>	-			-	700, 1	1,15	1745	
		-	-			-	750, 1	1	1959	
Lignin	-	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1:1:-	Pirolisis (1 tahap)	800, 1	-	-	4,9	818	Schneidermann, dkk., 2017
			1:-:1					6,3	3041	
			1:1:1					6	2633	
			1:1:2					7	2169	
			1:1:0,5					8,6	2139	
			1:2:1					8,7	1993	
Lignin	Urea	-	1:4:1	Pirolisis (1 tahap)	800, 1	-	-	6,3	3199	Schneidermann, dkk., 2019
			1:1:1					11,9	1978	
			1:1:1					7,7	2629	
Limbah kayu	Urea dan melamin	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1:0,5:0,5:1	Pirolisis (1 tahap)	800, 1	-	-	7	2988	Schneidermann, dkk., 2019
			1:0,5:1					11,8	2682	
			1:1:1					5,6	2904	
Asam tanat	Urea	-	1:0,5:0,5:1	-	-	-	-	5,5	2873	-

bb : bahan baku, do : *dopant*, ak : aktivator, ch : *char*, S<sub>BET</sub> : luas permukaan Brunauer–Emmett–Teller

**Tabel 1.1** Pembuatan *N-doped Carbon* dari Berbagai Bahan Baku (Lanjutan)

Bahan Baku	<i>Dopant</i>	Aktivator	Rasio massa (bb:do:ak)	Karbonisasi		Aktivasi		<i>Doping</i> (%-wt)	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	Sumber
				Jenis	Temperatur dan Waktu (°C, jam)	Rasio massa (ch:ak:do)	Temperatur dan Waktu (°C, jam)			
Selulosa	Urea	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1:1:1	Pirolisis (1 tahap)	800, 1	-	-	5,5	1870	Schneidermann, dkk., 2019
Xilan								4,1	1163	
<i>Coconut mesocarp</i>	Melamin	KHCO <sub>3</sub>	-	Pirolisis (2 tahap)	400, 2	1:3:3	800, 2	4	1675,7	Zhang, dkk., 2019
Batang tembakau	Melamin	KOH	1:0,5:-	Hidrotermal (2 tahap)	220, 6	1:1:-	700, 1	3,98	2145	Huang, dkk., 2021
	Urea							1,93	1498	
	Urea							2,07		
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Biuret	-	1:1:- 1:2:- 1:1:-	Hidrotermal (2 tahap)	200, 24	-	900, 1	5,35		Mandal a, 2021
								7,78		
								11,56	-	
	Urea	-	1:1:- 1:3:-	Pirolisis (1 tahap)	900, 1	-	-	4,65		Gunadja ja, 2021
								8,77		
								2,66		
								6,09		

bb : bahan baku, do : *dopant*, ak : aktivator, ch : *char*, S<sub>BET</sub> : luas permukaan Brunauer–Emmett–Teller