

**SINTESIS MATERIAL KOMPOSIT KARBON-SULFUR  
DARI *MIKROALGAE- CHLORELLA VULGARIS*  
DENGAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN  
AKTIVASI KIMIA –  $\text{NaNH}_2$**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh:

**Maxwell (6141801098)**

Dosen Pembimbing:

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

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



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

**2023**

***SYNTHESIS OF CARBON-SULFUR COMPOSITE  
MATERIAL FROM MIKROALGAE- CHLORELLA  
VULGARIS BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION  
AND CHEMICAL ACTIVATION – NANH<sub>2</sub>***

**Laporan Penelitian**

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

Oleh:

**Maxwell (6141801098)**

Dosen Pembimbing:

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

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



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

**2023**



**STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Nama : Maxwell  
NPM : 6141801098  
Judul : Sintesis Komposit Karbon Sulfur dari *Chlorella vulgaris* dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia –  $\text{NaNH}_2$

**CATATAN :**

---

---

---

---

---

---

---

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 26 Januari 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Arenst A. Aris, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.

Dr. Angela J. Kumalapatni, 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 : Maxwell

NPM : 6141801098

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**SINTESIS MATERIAL KOMPOSIT KARBON-SULFUR DARI  
MIKROALGAE- CHLORELLA VULGARIS DENGAN KARBONISASI  
HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA –  $\text{NaNH}_2$**

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, 3 Februari 2023

Maxwell

(6141801098)

## INTISARI

Karbon aktif banyak digunakan sebagai absorben untuk menyerap logam berat, pemurnian gas, katalisator serta menjadi bahan baku komposit karbon sulfur untuk katoda baterai litium sulfur. Batubara merupakan bahan baku dari karbon aktif yang tidak terbarukan dan menghasilkan gas rumah kaca, sehingga mikroalga *chlorella vulgaris* akan digunakan sebagai bahan baku alternatif. Aplikasi karbon aktif pada penelitian ini adalah untuk mensintesis komposit karbon sulfur sebagai pengganti kobalt dan nikel yang bersifat beracun pada katoda baterai litium. Pada penelitian ini dapat diketahui pengaruh rasio massa *hydrochar* terhadap  $\text{NaNH}_2$  pada proses aktivasi kimia terhadap perolehan massa karbon dan karakteristik fisika karbon aktif, serta karakteristik fisika komposit karbon sulfur yang dihasilkan dengan menggunakan mikroalga *chlorella vulgaris* sebagai bahan baku.

Tahap pembuatan komposit karbon sulfur terdiri dari karbonisasi hidrotermal, aktivasi kimia, dan metode difusi lebur. Metode karbonisasi hidrotermal membentuk *hydrochar* menggunakan teflon autoklaf pada temperatur 200 °C selama 24 jam. Lalu dilakukan aktivasi kimia dengan variasi rasio massa *hydrochar* terhadap  $\text{NaNH}_2$  (1:1, 1:2) dengan temperatur aktivasi 700 °C selama 1 jam di dalam *furnace*. Karbon aktif dengan perolehan massa karbon tertinggi, % kristalinitas terkecil, dan % amorf tertinggi akan digunakan untuk membuat komposit karbon sulfur melalui proses difusi. Analisis karakteristik dilakukan dengan metode SEM dan XRD untuk mengetahui kristalinitas, morfologi serta luas permukaan karbon aktif dan karakteristik komposit karbon sulfur yang dihasilkan.

Karbon aktif yang dihasilkan dengan melewati proses karbonisasi hidrotermal terlebih dahulu akan menghasilkan perolehan karbon aktif yang lebih tinggi, % amorf yang lebih tinggi dan memiliki struktur permukaan yang lebih berongga. Sementara rasio massa *hydrochar* terhadap aktivator  $\text{NaNH}_2$  yang lebih tinggi akan menghasilkan *yield* karbon aktif yang lebih kecil dan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap % amorf dan % kristalinitas karbon aktif yang dihasilkan. Proses difusi lebur pada sintesis komposit karbon sulfur dapat mempengaruhi struktur dan kadar sulfur yang dimiliki karbon aktif seperti perubahan struktur amorf menjadi lebih kristalin dan kadar sulfur yang meningkat.

Kata kunci: Karbon aktif, mikroalga *Chlorella vulgaris*, hidrotermal, aktivasi, komposit

## ABSTRACT

*Activated carbon is widely used as an absorbent for absorbing heavy metals, gas purification, catalysts and as a raw material for carbon sulfur composites for lithium sulfur battery cathodes. Coal is a non-renewable raw material for activated carbon and produces greenhouse gases, so the chlorella vulgaris microalgae will be used as an alternative raw material. The application of activated carbon in this research is to synthesize carbon sulfur composites as a substitute for cobalt and nickel which are toxic at the cathode of lithium batteries. In this study, it was possible to determine the effect of variations in chemical activation temperature and the influence of the mass ratio of hydrochar to NaNH<sub>2</sub> in the chemical activation process on the acquisition of carbon mass and the physical characteristics of activated carbon, as well as the physical characteristics of carbon sulfur composites produced using chlorella vulgaris microalgae as raw material.*

*The steps for making carbon sulfur composites consist of hydrothermal carbonization, chemical activation, and melt diffusion methods. The hydrothermal carbonization method forms hydrochar using an autoclave at 200 °C for 24 hours. Then chemical activation was carried out with variations in the mass ratio of hydrochar to NaNH<sub>2</sub> (1:1, 1:2) in activation temperature 700 °C for 1 hour in the furnace. Activated carbon with the highest carbon mass gain, highest porosity, smallest % crystallinity, and highest amorf will be used to make carbon sulfur composites through a diffusion process. Characteristic analysis was carried out using SEM and XRD methods to determine the crystallinity, morphology and surface area of the activated carbon and the characteristics of the resulting carbon sulfur composite.*

*Activated carbon produced by first going through the hydrothermal carbonization process will result in a higher recovery of activated carbon, a higher % amorphous and a more hollow surface structure. Meanwhile, a higher mass ratio of hydrochar to activator NaNH<sub>2</sub> will result in a smaller yield of activated carbon and will not show a significant effect on the % amorphous and % crystallinity of the activated carbon produced. The melt diffusion process in the synthesis of carbon-sulphur composites can affect the structure and sulfur content of activated carbon, such as a change in the amorphous structure to become more crystalline and the sulfur content to increase.*

*Keywords: Activated carbon, Chlorella vulgaris microalgae, hydrothermal, activation, composites*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Sintesis Material Komposit Karbon-Sulfur dari Mikroalga- *Chlorella vulgaris* dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia –  $\text{NaNH}_2$ ”. 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. 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. 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, 3 Februari 2023



Penulis

## DAFTAR ISI

SINTESIS MATERIAL KOMPOSIT KARBON-SULFUR DARI <i>MIKROALGAE-CHLORELLA VULGARIS</i> DENGAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA – $\text{NaNH}_2$ .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR ISI TABEL.....	viii
INTISARI .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
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 .....	6
1.6 Tujuan .....	6
1.7 Manfaat Penelitian .....	6
1.8 Batasan Masalah .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Karbon Aktif.....	8
2.2 Aktivasi.....	10
2.2.1 Aktivasi Fisika .....	10
2.2.2 Aktivasi Kimia.....	11
2.3 Karbonisasi .....	13
2.3.1 Pirolisis .....	13
2.3.2 Karbonisasi Hidrotermal.....	14
2.4 Komposit Karbon Sulfur.....	15
2.5 Mikroalga .....	16
2.5.1 Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	16
2.6 Analisis Karbon Aktif.....	17
2.6.1 Scanning Electron Microscope (SEM) .....	17

2.6.2 X-ray Diffraction (XRD) .....	18
METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tahap Penelitian.....	19
3.2 Bahan Baku dan Alat Penelitian .....	19
3.3 Variasi Variabel Penelitian .....	21
3.4 Prosedur Penelitian .....	21
3.4.1 Persiapan Bahan Baku untuk Sintesis Karbon.....	22
3.4.2 Sintesis Karbon Aktif.....	22
3.4.3 Sintesis Komposit Karbon Sulfur .....	25
3.4.4 Karakterisasi .....	26
3.4.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	27
DAFTAR PUSTAKA .....	36
LAMPIRAN A.....	39
A.1 Sodium Amide .....	39
A.2 Etanol .....	40
A.3 Nitrogen .....	41
A.4 Sulfur.....	42
A.5 Karbon Aktif .....	42
LAMPIRAN B CONTOH PERHITUNGAN .....	44
B.1 Perolehan Massa Hydrochar .....	44
B.2 Perolehan Massa Karbon Aktif.....	44

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 1.1</b> Data Ekspor Impor Karbon Aktif di Indonesia.....	1
<b>GAMBAR 1.2</b> Data Permintaan Baterai Ion Litium Secara Global .....	3
<b>GAMBAR 2.1</b> Struktur Pori Karbon Aktif (a) Granular (b) Serat.....	9
<b>GAMBAR 2.2</b> Morfologi Permukaan Karbon Aktif Masing-masing Sampel a) KAK, b) KAN, dan c) KAZ dengan Perbesaran 500x dan 1000x .....	12
<b>GAMBAR 2.3</b> Skema Dasar SEM .....	18
<b>GAMBAR 2.4</b> Skema Dasar XRD .....	18
<b>GAMBAR 3.1</b> <i>Autoclave</i> Teflon.....	20
<b>GAMBAR 3.2</b> <i>Furnace</i> .....	21
<b>GAMBAR 3.3</b> Skema Persiapan Bahan Baku .....	22
<b>GAMBAR 3.4</b> Skema Karbonisasi Hidrotermal .....	23
<b>GAMBAR 3.5</b> Skema Aktivasi Kimia Setelah Proses Hidrotermal .....	24
<b>GAMBAR 3.6</b> Skema Aktivasi Kimia Tanpa Proses Hidrotermal .....	25
<b>GAMBAR 3.7</b> Skema Sintesis Komposit Karbon Sulfur .....	26
<b>GAMBAR 3.8</b> Skema Analisis Adsorpsi Metilen Biru .....	27
<b>GAMBAR 4.1.</b> Hasil karakterisasi XRD sampel karbon aktif (a) rasio massa <i>hydrochar</i> terhadap $\text{NaNH}_2$ (1:1), (b) rasio massa <i>hydrochar</i> terhadap $\text{NaNH}_2$ (1:2), dan (c) komersial....	29
<b>GAMBAR 4.2</b> Hasil karakterisasi SEM karbon aktif tanpa proses HTC (a) dan karbon aktif dengan proses HTC (b) .....	30
<b>GAMBAR 4.3</b> Hasil SEM komposit karbon sulfur dengan HTC (1:2) .....	31
<b>GAMBAR 4.4</b> Hasil karakterisasi XRD (a) karbon aktif dengan proses HTC pada 1:2, (b) komposit karbon sulfur dengan proses HTC pada (1:2), (c) Sulfur .....	32

## DAFTAR ISI TABEL

<b>TABEL 1.1</b> Variasi Percobaan Pembuatan Karbon Aktif dari Berbagai Sumber .....	4
<b>TABEL 2.1</b> Syarat Mutu Karbon Aktif.....	9
<b>TABEL 2.2</b> <i>Yield</i> (%) dari Masing-masing Sampel .....	11
<b>TABEL 2.3</b> Massa Karbon Aktif yang Diperoleh dari Hasil Aktivasi Dengan Variasi Rasio Massa KOH Terhadap <i>Hydrochar</i> .....	12
<b>TABEL 2.4</b> <i>Yield</i> Karbon .....	14
<b>TABEL 2.5</b> <i>Yield Hydrochar</i> Dengan Metode Hidrotermal .....	14
<b>TABEL 2.6</b> Komposisi Biomassa dalam 100 g Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	17
<b>TABEL 3.1</b> Variasi Variabel Penelitian.....	22
<b>TABEL 3.2</b> Jadwal Kerja Penelitian .....	28
<b>TABEL 4.1</b> % <i>Yield</i> Karbon Aktif.....	29
<b>TABEL 4.2</b> Kristalinitas dan amorf pada karbon aktif .....	31
<b>TABEL 4.3</b> Komposisi atomik karbon aktif dan komposit karbon sulfur .....	33

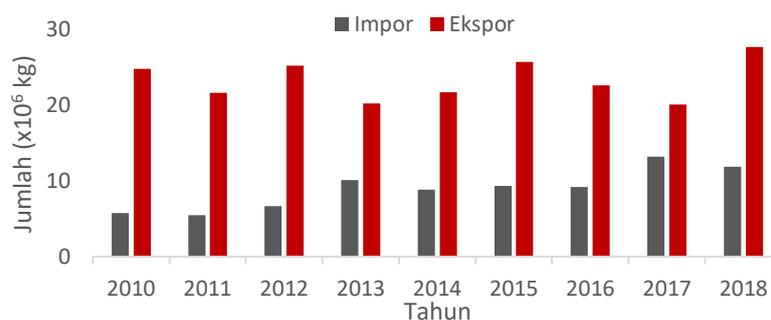
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang yang memiliki populasi yang terus meningkat membuat industri-industri dalam negara untuk ikut berkembang, salah satunya adalah industri kimia. Industri kimia di Indonesia terus meningkatkan perekonomian dengan memenuhi kebutuhan ekspor serta kebutuhan hidup masyarakat Indonesia. Salah satu cara yang digunakan untuk mengembangkan industri kimia di Indonesia adalah dengan memanfaatkan bahan baku terbarukan yang dimiliki negara. Penggunaan biomassa sebagai bahan baku memiliki banyak kelebihan, antara lain bersifat *renewable* dan *sustainable* (Parinduri, 2020).

Karbon aktif merupakan salah satu produk dari industri kimia di Indonesia yang dapat menggunakan biomassa sebagai bahan baku alternatif. Karbon aktif biasanya banyak digunakan di industri sebagai adsorben zat warna dan logam berat. Karbon aktif merupakan produk dari proses aktivasi karbon dengan porositas (ruang) yang tertutup oleh atom karbon (Marsh dan Rodriguez-Renioso, 2006). Karbon aktif mempunyai lebih banyak kegunaan dan daya serap yang lebih tinggi daripada karbon biasa. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Maulinda et al., 2017). Penggunaan karbon aktif dalam hal ini dapat digunakan sebagai adsorben dan berfungsi sebagai penyerapan logam berat pada obat dan makanan, minuman beralkohol, petrokimia, budidaya udang, industri gula, pemurnian gas, katalis (Arsad, 2010) serta komposit karbon disulfida sebagai elektroda negatif baterai lithium-sulfur (Zhao dkk, 2015). Di Indonesia produksi karbon aktif cukup berkembang, dan data perkembangannya dapat dilihat sebagai berikut (Gambar 1.1.).



**Gambar 1.1** Data Ekspor Impor Karbon Aktif di Indonesia (UN Data, 2018)

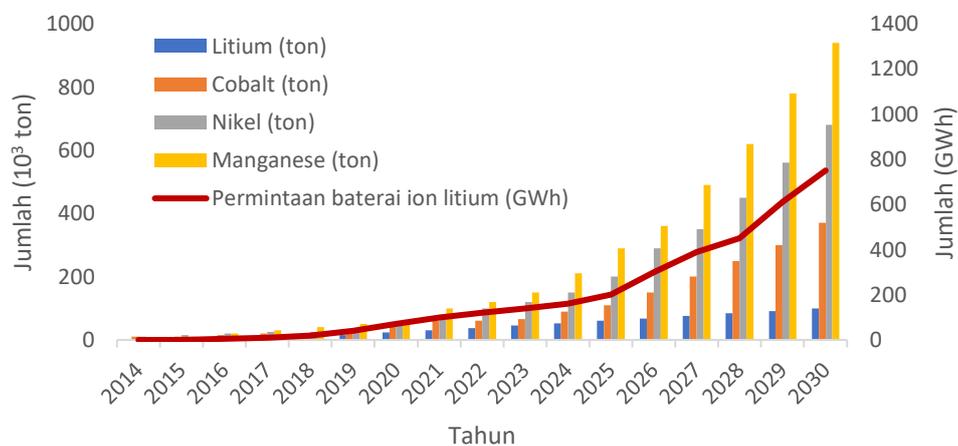
Indonesia sebagai negara berkembang dengan kepadatan penduduk yang tinggi tentunya membutuhkan banyak energi. Salah satu media yang dapat digunakan untuk menyimpan energi adalah baterai. Pada awalnya, baterai ion litium adalah baterai yang sangat umum. Namun, baterai ion litium memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah penggunaan zat beracun pada katoda, seperti kobalt dan nikel (Adhani, 2017). Dengan demikian, katoda baterai ion litium diganti dengan bahan lain seperti sulfur sehingga menghasilkan baterai litium sulfur. Baterai litium-sulfur memiliki banyak energi serta merupakan bahan katoda yang baik karena tersedia dalam jumlah banyak, murah, dan tidak beracun tetapi beda potensialnya kecil (Wang et al., 2013). Data permintaan baterai ion litium secara global dapat dilihat pada Gambar 1.2 di bawah ini.

Karbon aktif dibutuhkan sebagai bahan baku dari pembuatan komposit karbon sulfur untuk katoda baterai litium sulfur. Batubara umumnya digunakan dalam pembuatan karbon aktif, namun batubara merupakan sumber energi yang tidak terbarukan serta dapat menghasilkan polutan dan gas rumah kaca. Hal tersebut menunjukkan pentingnya penggunaan bahan baku alternatif yang lebih ramah lingkungan dalam pembuatan karbon aktif, yaitu dengan menggunakan bahan baku organik atau biomassa yang mengandung unsur lignoselulosa atau kaya karbon (Atmayudha, 2006). Bahan baku organik yang umum digunakan di antaranya adalah dari tempurung kelapa (Winata, 2020), serat kayu, tebu (Sudibandriyo & Lydia, 2018), dan mikroalga *Chlorella vulgaris* (Sukoyo et al., 2019).

Indonesia merupakan negara maritim di Asia Tenggara yang sebagian besar wilayahnya berupa perairan dengan garis pantai yang panjang. Garis pantai yang panjang membuat Indonesia memiliki berbagai organisme laut yang beragam, salah satunya ialah mikroalga. *Chlorella* merupakan salah satu jenis alga hijau yang seringkali ditemukan di perairan Indonesia. *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan karbon yang tinggi yaitu 41 % (Sukoyo et al., 2019) sehingga baik jika digunakan dalam pembuatan karbon aktif (Roman dkk., 2018).

Oleh karena itu, penelitian tentang komposit karbon sulfur mulai dilakukan karena komposit karbon sulfur dapat digunakan dalam teknologi baterai litium. Penelitian yang dilakukan ini menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* dengan proses karbonisasi hidrotermal menggunakan reaktor autoklaf. Karbonisasi hidrotermal dipilih karena dapat dilakukan pada temperatur yang relatif rendah, yaitu sekitar 180-350 °C dan media karbonisasinya menggunakan air sehingga lebih mudah didapatkan. Kemudian dilakukan proses aktivasi kimia menggunakan aktivator  $\text{NaNH}_2$  karena ingin menghilangkan senyawa tar

dari karbon aktif. Aktivasi kimia dapat menghasilkan % yield karbon dan luas permukaan karbon aktif yang lebih besar serta membutuhkan waktu yang lebih sedikit dari aktivasi fisika.  $\text{NaNH}_2$  yang digunakan sebagai aktivator kimia juga dipilih karena aktivator tersebut dapat menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang tinggi yaitu mencapai  $1500 \text{ m}^2/\text{g}$  sehingga daya serap karbon aktif yang didapatkan lebih baik. Karbon aktif yang didapat kemudian akan dicampurkan dengan sulfur menggunakan metode difusi lebur untuk menghasilkan komposit karbon sulfur. Pada penelitian ini variasi yang dilakukan adalah variasi rasio massa  $\text{NaNH}_2$  dengan karbon aktif dan variasi temperatur pada proses aktivasi kimia. Berdasarkan variasi yang digunakan, hal yang akan dipelajari adalah karakteristik karbon aktif yang berupa morfologi, luas permukaan serta perolehan massa karbon dan komposit karbon sulfur yang dihasilkan. Komposit karbon sulfur yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai katoda pada baterai litium sulfur yang merupakan baterai yang dapat diisi ulang dan memiliki kapasitas penyimpanan yang baik (Arie dkk., 2014).



**Gambar 1.2** Data permintaan baterai ion litium secara global (Bloomberg New Energy Finance, 2015)

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Pembuatan baterai ion-litium dapat menggunakan komposit karbon sulfur sebagai katoda dengan menggunakan mikroalga *chlorella vulgaris* sebagai bahan baku karena mikroalga di Indonesia belum pernah digunakan sebagai biomassa dalam pembuatan komposit karbon sulfur, selain itu sangat sedikit pemanfaatan mikroalga di Indonesia untuk dijadikan produk berguna selain menjadi *biofuel*.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan aktivator  $\text{NaNH}_2$  pada proses aktivasi kimia terhadap perolehan dan karakteristik (kristalinitas dan amorf) karbon aktif yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh penambahan tahap hidrotermal dan tanpa penambahan tahap hidrotermal terhadap perolehan dan karakteristik (morfologi dan amorf) karbon aktif yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh penambahan sulfur terhadap terhadap karakteristik (morfologi dan kadar sulfur) komposit karbon sulfur yang dihasilkan?

## 1.4 Premis

Sintesis karbon aktif dari berbagai biomassa menggunakan aktivasi kimia telah dilakukan oleh beberapa pihak menggunakan berbagai variasi untuk mendapatkan luas permukaan dan perolehan massa karbon terbesar. Hasil percobaan beserta variasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah.

**Tabel 1.1** Variasi Percobaan Pembuatan Karbon Aktif dari Berbagai Sumber

No.	Bahan	Karbonisasi			Aktivasi Kimia		Karakteristik Karbon Aktif		Daftar Pustaka
		Karbonisasi	Zat Aditif	Zat Kimia Pengaktif	Rasio Bahan Baku : Aktivator(massa)	Temperatur (°C) & Waktu Operasi (jam)	Luas Permukaan BET (m <sup>2</sup> /g)	Perolehan massa karbon (%)	
1.	Tempurung kelapa sawit	Hidrotermal (400 °C)	-	KOH	1 : 1	700, 1	340	42,48	Sudibandriyo, 2011
2.	Tempurung kelapa sawit	Hidrotermal (400 °C)	-	KOH	1 : 2	700, 1	442,6	22,27	Sudibandriyo, 2011
3.	Tempurung kelapa sawit	Hidrotermal (400 °C)	-	KOH	1 : 3	700, 1	938,2	15,51	Sudibandriyo, 2011
4.	Mikroalga	Hidrotermal (180 °C, 10 jam)	-	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1 : 1	700, 2	1396	-	Guo dkk., 2017
5.	Mikroalga	Hidrotermal (180 °C, 10 jam)	-	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1 : 1	800, 2	1904	-	Guo dkk., 2017
6.	Spirulina	Hidrotermal (220 °C, 14 jam)	-	-	-	-	686	59,46	Fang dkk., 2021
7.	Chlorella	Hidrotermal (220 °C, 14 jam)	-	-	-	-	766	69,88	Fang dkk., 2021
8.	Phenolic Resin	Konvensional (500 °C, 2 jam)	-	NaNH <sub>2</sub>	1 : 4	400, 1	1003	79,11	Wang dkk., 2018
9.	Phenolic Resin	Konvensional (500 °C, 2 jam)	-	NaNH <sub>2</sub>	1 : 4	450, 1	1569	77,65	Wang dkk., 2018
10.	Phenolic Resin	Konvensional (500 °C, 2 jam)	-	NaNH <sub>2</sub>	1 : 4	500, 1	2155	76,96	Wang dkk., 2018

## 1.5 Hipotesis

1. Peningkatan rasio massa *hydrochar* terhadap aktivator  $\text{NaNH}_2$  pada aktivasi kimia akan menghasilkan penurunan perolehan massa dan kristalinitas karbon aktif, namun morfologi karbon aktif akan lebih berpori dan mengalami peningkatan amorf.
2. Penambahan tahap hidrotermal akan menghasilkan perolehan massa karbon yang lebih banyak, morfologi karbon aktif yang lebih berpori dan amorf karbon aktif yang lebih tinggi dari pada tanpa penambahan tahap hidrotermal.
3. Pembentukan komposit karbon sulfur akan menghasilkan kadar sulfur yang lebih tinggi dengan morfologi berpori yang lebih tertutup.

## 1.6 Tujuan

1. Mempelajari pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan aktivator  $\text{NaNH}_2$  dalam aktivasi kimia terhadap perolehan dan karakteristik (kristalinitas dan amorf) karbon aktif yang dihasilkan.
2. Mempelajari pengaruh penambahan tahap hidrotermal dan tanpa penambahan tahap hidrotermal sebelum proses aktivasi karbon terhadap perolehan dan karakteristik (morfologi dan amorf) karbon aktif yang dihasilkan.
3. Mempelajari pengaruh penambahan sulfur terhadap karakteristik (morfologi dan kadar sulfur) dari komposit karbon sulfur yang dibentuk.

## 1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dalam penelitian ini untuk berbagai pihak adalah sebagai berikut.

1. Untuk Negara: Membantu meningkatkan penggunaan sumber daya mikroalga *chlorella vulgaris* Indonesia untuk menjadi bahan baku alternatif yang dapat diekspor.
2. Untuk Industri: Memberikan bahan baku alternatif yang lebih mudah didapat, murah dan aman untuk pembuatan baterai litium sulfur.
3. Untuk Masyarakat: Membuka wawasan masyarakat bahwa mikroalga *chlorella vulgaris* merupakan salah satu sumber daya yang kaya di Indonesia dan dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku alternatif untuk karbon aktif dan menambah penghasilan petani mikroalga.
4. Untuk Ilmu Pengetahuan: Memberikan pengetahuan baru terhadap pemanfaatan mikroalga *chlorella vulgaris* untuk kemajuan ilmu pengetahuan dalam pembuatan karbon aktif yang dapat digunakan untuk baterai litium sulfur. Mempelajari pengaruh

variasi temperatur pada aktivasi kimia dan pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan aktivator  $\text{NaNH}_2$  terhadap perolehan massa karbon dan karakteristik karbon serta mempelajari pengaruh penambahan sulfur terhadap karakteristik komposit karbon sulfur yang dihasilkan.

### **1.8 Batasan Masalah**

1. Material yang digunakan sebagai bahan baku pembentukan komposit karbon sulfur adalah mikroalga *Chlorella vulgaris*.
2. Variasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah rasio *hydrochar* terhadap aktivator  $\text{NaNH}_2$  yang digunakan pada aktivasi kimia.
3. Komposit karbon sulfur yang dibuat akan menggunakan karbon aktif dengan spesifikasi terbaik yaitu perolehan massa karbon tertinggi, % kiralinitas terkecil, dan % amorf terbesar.